This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

https://books.google.com

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

NYPL RESEARCH LIBRARIES
33433071618320

Digitized by Google

Digitized by Google

Industrie

VGA

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

TOME XXXVI

1927

Digitized by Google

PARIS

IMPRIMERIE GÉNÉRALE A. LAHURE

9, RUE DE FLEURUS, 9

L'Editeur-Gérant : A. Lahure.

Digitized by Google

da 27 288

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

FONDÉE PAR É. HOSPITALIER

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

FONDATEURS

MM.
ABDANK-ABAKANOWICZ, Ingénieur-Conseil;
RENÉ ARNOUX, Ingénieur;
PAUL BARBIER, Électricien, Fondé de pouvoirs de la Société Leclanché et Cie;
BARDON, Constructeur;
J. CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur;
COMPAGNIE CONTINENTALE EDISON;
FRAGER, Administrateur de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs;
H. FONTAINE, Ingénieur civil;
X. GARNOT, Ingénieur, Entrepreneur de Stations centrales d'énergie électrique;
CH.-ED. GUILLAUME, Sous-directeur du bureau intern. des Poids et Mesures;
JEAN-JACQUES HEILMANN, Ingénieur;
E. HOSPITALIER, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'École de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris;
HOURY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de fils et câbles électriques;
E. JULIEN, Ingénieur;
J. LAFFARGUE, Ingénieur-Électricien;
A. LAHURE, Imprimeur-Éditeur;
P. LEMONNIER, Ingénieur;
AUG. LALANCE, Administrateur-Délégué de la Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy;

MM.
MAISON BREGUET;
G. MASSON, Libraire-Éditeur;
MENIER, Manufacturier;
CH. MILDÉ, Constructeur-Electricien;
LOUIS MORS, Ingénieur des Arts et Manufactures;
R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures;
POSTEL-VINAY, Ingénieur-Constructeur;
JULES RICHARD, Ingénieur-Constructeur, de la maison Richard frères;
F. DE ROMILLY;
G. ROUX, Directeur du Bureau de contrôle des installations électriques;
SCHNEIDER ET Cie, Usines du Creusot;
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES;
SOCIÉTÉ ANONYME CANCE;
SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ;
SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX;
E. THURNAUER, Administrateur délégué de la Cie Française pour l'Exploitation des procédés Thomson-Houston;
GASTON TISSANDIER, Directeur de *La Nature*;
LAZARE WEILLER, Manufacturier.

Directeur : A. LAHURE

Rédacteur en Chef : ALFRED SOULIER

TOME XXXVI

1927

PARIS

A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR

9, RUE DE FLEURUS, 9 (VIe ARR.)

NEW YORK PUBLIC LIBRARY

Digitized by Google

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
364849A
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R 1903 L

NEW YORK
PUBLIC
LIBRARY

Digitized by Google

36e Année. — N° 829 10 Janvier 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTEUR EN CHEF
ALFRED SOULIER
Le 2e vendredi de chaque mois de 15 h. à 16 h.

ABONNEMENTS
Paris et Départements : 30 francs par an.
Union postale : 40 francs par an.

ADMINISTRATION
9, rue de Fleurus, 9. — Paris (VIe)
TÉLÉPHONE :
Ségur 04-23 et Ségur 04-44.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction au Rédacteur en Chef, 9, rue de Fleurus.

MM. les Abonnés dont l'abonnement a expiré fin Décembre, sont priés de bien vouloir adresser à M. LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris, en un chèque ou mandat-poste le renouvellement de leur abonnement.

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — Inauguration de la traction électrique sur la ligne de Paris à Vierzon. — Les réseaux du système série à courant continu. — Une convention télégraphique Mexico-Cubaine. — Les débouchés commerciaux de la T.S.F. en Amérique du Sud. — Fourniture de matériel électrique allemand au Pérou. — Les importations de matériel électrique en Italie. — Importants travaux hydro-électriques au Mexique. — Les difficultés des entreprises allemandes en Russie. — La consommation du zinc en Allemagne. — Développement de l'industrie électrique au Japon 1

LA PRODUCTION DU COURANT CONTINU A HAUTE TENSION POUR LES ESSAIS DE CABLES. J. M. 5

LES MACHINES D'EXTRACTION A COMMANDE ÉLECTRIQUE (*suite*). P. Fournier. 7

TRANSFORMATEURS POUR 110 000 VOLTS. J. M. 11

L'ÉQUILIBRAGE ÉLECTRIQUE DES CABLES SOUS-MARINS. J. M. 13

LES FOURS ÉLECTRIQUES A RÉSISTANCE. J. M. 16

COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES. — Radiogoniomètres et radiophares à maximum accentué, par **Léon Bouthillon**. — Sur l'utilisation de l'énergie des eaux chaudes naturelles. Remarques au sujet de la Note de MM. G. Claude et P. Boucherot, par M. **P. Villard**. — Sur l'utilisation de l'énergie thermique des mers, par M. **Georges Claude**. — Complément à la Note précédente, par M. **Georges Claude**. — Sur le paramagnétisme indépendant de la température, par Mlle **Paule Collet**. — Utilisation industrielle de l'énergie d'un liquide chaud dans une turbine à vapeur, par M. **Jean Rey**. — Sur les variations des propriétés optiques du quartz piézo-électrique soumis à des courants de haute fréquence, par M. **Edgard Pierre Tawil**. — Etude des radiations monochromatiques du cadmium dans les lampes Michelson et Hamy en vue de leurs applications métrologiques, par M. **Albert Pérard**. 18

REVUE DE LA PRESSE. — *Electrothermie* : Cellule photo-électrique au cadmium. — *Installations* : La cloche horaire électrique de la Tour Saint-Stéphane à Vienne. — Electrification du Caucase. — Câbles de transmission d'énergie électrique sous-marins de grande longueur. — Un convertisseur de 4000 kw commandé à distance. — Le « règlement du paratonnerre » dans l'Ontario. — La station d'interrupteur à l'air libre de Gresten (Autriche). — Les installations électriques de la ville de Vienne. — *T.S.F.* : Transmissions radiotéléphoniques sur fil, en Hollande. — Une nouvelle station de radiodiffusion au Pérou. 22

INFORMATIONS

Inauguration de la traction électrique sur la ligne de Paris à Vierzon. — Le 22 décembre dernier a eu lieu, en présence du Ministre des Travaux publics, l'inauguration officielle de la traction électrique sur la ligne de Paris à Vierzon. Hâtons-nous de dire que cette journée a été couronnée d'un succès triomphal qui fait le plus grand honneur à ses organisateurs.

Un train spécial de 375 tonnes composé de 2 wagons-salons, 5 voitures de 1re classe de la Compagnie Paris à Orléans et d'un fourgon-chaudière est parti de la gare d'Orsay à 8 h 15. Un premier arrêt de 45 minutes à Vitry, permit de faire la visite des nouveaux ateliers d'entretien et de réparation du matériel électrique, sous la conduite et avec les excellentes explications de M. Parodi, l'ingénieur en chef des Services électriques qui a été, on peut le dire, l'âme de cette électrification. A 9 h 20 le train démarrait remorqué par l'une des machines électriques à grande vitesse affectées au service des trains rapides, en l'espèce c'était une locomotive du type sans engrenages à moteurs montés directement sur les essieux. Le train arrivait à 10 h 56 à Orléans où eut lieu une courte réception du Ministre par la municipalité de cette ville. Repris par une nouvelle machine électrique de 4000 ch du type à bielles il poursuivit son chemin à une vitesse de plus de 100 km à l'heure et, après avoir marqué un court arrêt, en face de la sous-station de transformation de Theillay où des explications furent données sur l'organisation générale de la distribution du courant, il entrait dans la gare de Vierzon à 12 h 51.

Après un banquet au cours duquel prirent la parole M. le Ministre des Travaux publics, M. Vergé, président du Conseil d'Administration de la Compagnie d'Orléans et M. Peraudin, député du Cher, maire de Vierzon, le train spécial remorqué par une nouvelle machine, à engrenages celle-là, repartait à 15 heures de la gare de Vierzon et entrait en gare d'Austerlitz à 16 h 58 ayant par conséquent couvert la distance de 200 km qui sépare ces deux gares en moins de 2 heures, soit à une vitesse commerciale de 100 km à l'heure, obligeant à atteindre sur une notable partie du

Digitized by Google

parcours la vitesse limite de la ligne qui est de 120 km : h.

Cette inauguration officielle consacre l'achèvement de la première phase des importants travaux d'électrification entrepris depuis 4 ans par la Compagnie d'Orléans avec le concours du Ministère des Travaux publics. Pour réaliser cette électrification, il a fallu construire ou équiper : 200 locomotives à voyageurs et à marchandises de 1420 à 1720 ch, 80 automotrices de 990 ch, 6 locomotives à grande vitesse de 3000 à 4400 ch, soit un parc total de 285 tracteurs représentant 420 000 ch.

Il y a lieu d'ajouter en outre 820 km de lignes de transport d'énergie à très haute tension (90 et 150/220 kilovolts) en dehors des emprises du chemin de fer; 900 km de lignes de contact; 11 sous-stations de traction d'une puissance totale de 54 000 kw; 3 grands postes de transformation, d'une puissance globale dépassant 200 000 kw. Ces travaux marquent une très importante étape vers notre plus grande indépendance économique puisqu'ils se traduiront, dès 1927, grâce à l'emploi de l'énergie d'origine hydraulique, par une économie annuelle dans la consommation du charbon du réseau de 250 000 tonnes environ.

Description générale des installations. — Rappelons que la mise en service de la traction électrique sur la ligne de Paris à Vierzon que la Compagnie d'Orléans vient d'inaugurer, est la première phase d'un projet d'ensemble de l'électrification d'une partie importante du réseau. Elle comporte la mise en service de la traction électrique sur les lignes de Paris à Vierzon, de Brétigny à Dourdan et de Choisy-le-Roi à Orly, qui comprennent 252 km de route et 654 km de voies principales.

Le courant continu à 1500 v est amené aux tracteurs au moyen de lignes de contact aériennes dont le développement (voies principales, voies de garage et de manœuvre) atteint 900 km. Ces lignes aériennes du type à suspension caténaire, constituées par des câbles en bronze spécial et des fils en cuivre d'une section totale de 795 mm² (1 feeder de 260 mm², un porteur principal de 116 mm², 1 porteur auxiliaire de 105 mm² et 2 fils de contact de 107 mm²). Ces lignes sur les voies principales, sont supportées par des portiques métalliques espacés en principe de 63 m, dont la forme est variable suivant le nombre et l'espacement des voies. Le courant est capté par des pantographes placés sur le toit des tracteurs et frottant sur les 2 fils inférieurs de la ligne caténaire; la caténaire est isolée des portiques par une double série d'isolateurs.

Dans les gares, les lignes de contact aériennes sont de plus faible importance, elles sont généralement du type à suspension simple (genre tramways) et supportées le plus souvent par des câbles transversaux en forme de chainettes.

La remorque des trains est faite, pour les trains de banlieue, par 80 automotrices de 990 ch. Ces trains sont formés chacun de 2 ou 3 unités comprenant 1 automotrice et 2 voitures-remorques à bogies, entièrement métalliques extrêmement spacieuses et aérées. Chaque train peut transporter 1500 voyageurs.

Les locomotives comprennent : 200 locomotives mixtes pouvant atteindre une vitesse de 90 km : h et assurant des trains de voyageurs et de marchandises. Ces machines ont une puissance de 1420 à 1720 ch et peuvent être réunies par groupe de 2, sous la conduite d'un seul mécanicien lorsqu'on veut dépasser cette puissance;

En outre, 5 locomotives à grande vitesse de 3000 à 4400 ch, toutes de types divers et qui serviront de modèles pour les constructions ultérieures de locomotives à grande vitesse.

L'entretien de ces locomotives sera assuré par le nouvel atelier de réparations de Vitry, qui a été également inauguré. Cet atelier, dont la surface totale est de 10 hectares et la surface couverte de 14 400 m² a été étudié en vue d'assurer complètement l'entretien courant et les grosses réparations des automotrices nécessaires au service de la banlieue et des locomotives assurant le service entre Paris et Brive.

Au total, le parc des tracteurs comprend 285 unités (sur ce total, 190 tracteurs sont déjà livrés) représentant une puissance globale de 427 760 ch. soit environ 1/7 de la puissance totale du parc du réseau.

A titre documentaire, on peut signaler que sur l'ensemble de leurs lignes électrifiées, les Allemands utilisent actuellement 242 locomotives et les Suisses 280.

Rappelons que le courant à 1500 v est produit par 11 sous-stations de transformation équipées avec des commutatrices et dont la puissance totale installée est de 54 000 kw. Ces sous-stations sont espacées en moyenne d'une vingtaine de km. Elles sont placées à proximité des voies principales et sont caractérisées par les postes en plein air par lesquels se fait l'arrivée du courant haute tension.

Le courant haute tension est fourni aux sous-stations par un réseau de 800 km de lignes de transport d'énergie à très haute tension entre Eguzon et Paris, dont 600 km de lignes à 90 kilovolts et 200 km de lignes à 150/220 kilovolts qui relient l'usine hydraulique d'Eguzon sur la Creuse d'une puissance de 50 000 kw construite par une Société dans laquelle la Compagnie d'Orléans a la plus large part, et les centrales thermiques de l'Union d'Electricité à Paris.

Les lignes à 90 000 v, qui sont facilement visibles du train au voisinage des sous-stations, suivent les voies principales à une certaine distance pour éviter des perturbations téléphoniques dues à la haute tension et constituent le premier élément de l'artère Nord-Sud du réseau national de distribution réunissant le Massif central et Paris.

Dès maintenant, le nombre des trains journaliers remorqués électriquement est de 597, représentant un trafic mensuel de 180 millions de tonnes-kilomètres environ et une consommation d'énergie de près de 5 millions de kw-h par mois.

Le trafic sur Paris-Vierzon représente environ 1/6 du trafic total du réseau, soit 4 milliards de t-km. Ce trafic correspond à une consommation annuelle d'énergie électrique de l'ordre de 120 millions de kw-h et à une économie annuelle de charbon de 250 000 tonnes environ.

L'accroissement de consommation à prévoir dans les prochaines années, sera assuré par l'énergie de l'usine de Coindre sur la Haute-Dordogne, de 25 000 kw dont la mise en service aura lieu au début de 1927.

Cette première phase de l'électrification est destinée à être suivie d'une deuxième étape comprenant l'électrification de la ligne de Vierzon à Brive et des lignes transversales de Brive à Clermont et de Saint-Sulpice à Gannat.

Rappelons que la Compagnie d'Orléans a été une des premières en France à introduire la traction électrique sur une des grandes lignes de son réseau, c'est en effet en 1900 que les trains de la gare du quai d'Orsay à Paris furent remorqués jusqu'à celle d'Austerlitz par des locomotives électriques qui allèrent plus tard jusqu'à Juvisy.

Tout ces travaux dont la réussite a été complète font le plus grand honneur à l'ingénieur en chef M. Parodi qui en a assumé la charge et les a conduits avec une maîtrise remarquable. Il y a lieu de féliciter sans réserves M. Parodi et ses collaborateurs qui ont donné à la traction électrique une impulsion dont la journée du 22 décembre 1926 marquera la date désormais historique pour la France. A. S.

Les réseaux du système série à courant continu. (*The Electrician*, 6 août 1926.) — L'étude qui suit, des réseaux en système série à courant continu a été présentée à l'Institut des Ingénieurs électriciens anglais de l'Afrique du Sud en vue de la transmission de l'énergie des chutes Victoria.

Le procédé fondamental, dans ce genre de réseaux, consiste, on le sait, à relier les générateurs et les appareils d'utilisation en série, sous un courant continu et constant, les différences

Digitized by Google

de potentiel étant modifiées suivant la puissance débitée. Des enroulements d'excitation en série sont alors indispensables et l'instabilité propre aux moteurs de ce genre demande à être compensée. Sur les machines du type Thury, le champ principal est volontairement distordu par la réaction d'induit, et pour que la commutation reste bonne sous toute charge, il convient alors essentiellement d'agir sur les balais, dont le calage doit être modifié, dès que l'intensité de la ligne s'écarte de sa valeur normale. Quant aux moteurs, ils doivent être munis des régulateurs entrant dans l'équipement Thury, et qui ajuste la force contre-électromotrice en fonction du couple demandé.

Les stations centrales comportent des régulateurs d'intensité qui assurent un courant constant. Les efforts provenant de la variation d'action magnétique de l'intensité de ligne, actions qui agissent sur la commande de ces régulateurs, sont très faibles. On ne peut donc les utiliser directement; elles interviennent par l'intermédiaire d'un relais valve admettant de l'huile sous pression qui traverse ensuite un distributeur, à valves également; cette huile contre-balance les pressions sur une vanne mobile qui règle la position de calage des balais. Dans le cas où plusieurs générateurs travaillent en série, il n'est pas désirable d'avoir un régulateur trop sensible. Ces régulateurs peuvent d'ailleurs être de types différents suivant les conditions de marche des moteurs qu'ils commandent, suivant que ceux-ci doivent, par exemple, fonctionner à vitesse constante, ou être réversibles, ou encore tourner à vitesse variable. Ils comportent en outre des dispositifs de sécurité, variant avec leur emploi. Les moteurs à vitesse constante sont munis d'un dispositif analogue à celui du déséquilibrage automatique des turbines à vapeur. La machine se trouve mise en court-circuit dès que sa vitesse dépasse une certaine valeur.

Afin d'illustrer la méthode exposée, l'auteur donne certaines caractéristiques d'un réseau de ce genre pour tension maximum de 100 000 v. L'intensité de ligne est de 100 amp., et la capacité maximum de débit de 10 000 kw. Chaque machine débite sous une tension individuelle de 5000 v; mais, une de ces machines sera portée au potentiel total de la ligne par rapport à la terre. Étant donné qu'il serait très difficile d'isoler ses enroulements et sa carcasse en conséquence, elles sont toutes isolées du sol, par des isolateurs supportant les blocs de béton où sont fixées leurs plate-formes. Un composé d'asphalte est ensuite interposé entre ces blocs et la fondation de la centrale, de telle sorte que tout le sol de celle-ci est recouvert d'asphalte sur une épaisseur de 4 à 6 cm. Ces précautions évitent tout danger d'électrocution. La puissance électrique est fournie par des groupes générateurs à moteurs synchrones, ceux-ci entraînant les génératrices par l'intermédiaire d'accouplements isolés spéciaux. Le mode de fonctionnement de ces groupes est simple : à l'arrêt, les balais sont amenés juste avant leur position de tension nulle, qui, à vitesse normale de la machine, correspond à un débit de 50 amp. Au démarrage, elle est reliée en série avec la ligne ; l'y relier, étant en court-circuit, provoquerait des claquages au moment de la rupture du court-circuit. Dès que la ligne est sous tension, une seconde machine peut être mise en route par son côté à courant continu, le régulateur étant hors fonction, et les balais avancés par une manivelle.

La mise en circuit étant effectuée, le régulateur est remis en service. Pour la mise en route d'un groupe par son côté à courant alternatif, le générateur est d'abord mis en court-circuit; le courant de court-circuit est amené à la valeur de l'intensité en circulation dans la ligne. L'interrupteur de court-circuit est ensuite ouvert, et la machine se trouve intercalée en série avec la première. Le régulateur est ensuite mis en service. Pour arrêter un groupe, il suffit de le couper du côté à courant alternatif et de l'amener au repos. La machine en série avec les autres voit sa tension réduite à zéro, elle est alors mise en court-circuit. Le dispositif de calage de balais comporte des butées d'arrêt les empêchant de dépasser la position correspondant à la pleine charge.

Bien qu'ayant été prévu initialement pour la transmission de l'énergie à haute tension, le système série à courant continu a eu d'heureuses applications à la commande des cages de mines. Dans ce cas, le fonctionnement de l'ensemble est assuré par une sous-station comportant un moteur-générateur à volant mécanique, ce volant aidant aux passages des pointes, et permettant aussi de terminer une manœuvre en cas de défection d'alimentation. On peut utiliser 2 méthodes de commande. Avec l'une, un levier à main commande directement le porte-balais. Un frein à sabot, qui ne doit travailler que pendant une fraction de seconde, arrête le volant dans une position déterminée. Avec une commande automatique, la méthode est sensiblement autre. Un levier à main déclenche un régulateur qui règle le calage des balais et démarre le moteur. La vitesse normale étant atteinte, le régulateur entraîne les balais au delà de la ligne neutre et maintient automatiquement la vitesse. Ramené à sa position de repos, le levier force le régulateur à arrêter la machine.

Dans cette application particulière, est-il intéressant, du point de vue de l'exploitation, de laisser au préposé à la manœuvre de la cage, un contrôle permanent de la position de de celle-ci, par le treuil, sans lui permettre une dérogation au régime de montée ou de descente déterminée à l'avance? C'est sans aucun doute le moyen le plus sûr d'éviter que la cage ne heurte le fond du puits où ses attaches au sommet. Dans certains cas, cependant, il peut devenir utile de modifier ce régime, pour obtenir des accélérations plus rapides et une plus grande souplesse. Le système Thury permet un contrôle du treuil; mais, en cas de nécessité, le retrait du régulateur laisse une commande manuelle du moteur de traction.

Les applications des réseaux du système série n'ont pas encore été très nombreuses. On en donne pour principale raison les dimensions nécessairement limitées des machines génératrices, et, par conséquent, le nombre forcément élevé d'unités à associer. Ils sont en outre inaptes à fournir des rendements de transmission intéressants pour de faibles facteurs de charge, les pertes dans les résistances de lignes et les générateurs restant constantes, et indépendantes du débit; enfin, la machine à collecteur n'est pas très bien adaptée à l'entraînement par turbines du type moderne.

Néanmoins, la nécessité générale d'économie, et la perspective prochaine de l'accroissement continuel des transport d'énergie à longue distance donnent de l'importance à d'autres considérations.

Les courants de charge des lignes à courant alternatif de très haute tension atteignent des valeurs considérables. La conservation des méthodes actuelles conduira à l'emploi de fréquences plus basses ou de conducteurs de plus gros diamètres que ceux adoptés dans ces méthodes. Il est convenable que les circonstances puissent, éventuellement, remettre en faveur les réseaux à courant continu, qui seraient avantageux aussi par leur isolement minimum moindre. Ils pourraient être alimentés par des générateurs connectés en série, mais les machines à collecteur ont le défaut de ne pouvoir atteindre des vitesses périphériques élevées, et des débits individuels importants. Elles s'adaptent donc mal au système d'entraînement par des turbines modernes. Mais elles peuvent trouver des applications intéressantes avec la houille blanche, où les turbines ont des vitesses moyennes. Dans certaines de ces applications, la plus-value du prix d'installation de la centrale est compensée par des lignes de transmission et des interrupteurs plus légers et par conséquent moins chers.

Il existe encore le système producteur dit « Transverter » que l'on ne connaît pas suffisamment. Il en existe d'une capacité d'utilisation de 2000 kw. La rotation du collecteur

Digitized by Google

d'une machine habituelle y est remplacée par la rotation des balais, ce qui résoud en partie le problème des efforts mécaniques. La vitesse est naturellement élevée et son rendement à pleine charge est de 96 pour 100 ; il est en outre complètement réversible et peut transformer du courant continu en courant alternatif, ou *vice versa*. Le prix d'installation serait probablement inférieur à celui des machines série; mais une alimentation en courant alternatif lui est nécessaire. Il évite l'obligation de travailler à courant constant, sous peine d'une mauvaise commutation (voir page 5).

On peut encore utiliser des redresseurs à vapeur de mercure, dont on a installé déjà des unités atteignant 1 200 kw sous 4000 v (courant continu). Leur inaptitude à être réversibles peut être un obstacle à leur emploi. Mais cet obstacle disparaît depuis l'apparition récente du nouveau dispositif dit « Inverter ».

Les réseaux à courant continu installés sur le continent ont fonctionné avec plein succès, en se montrant très peu affectés par perturbations atmosphériques. L'influence de conditions climatériques aussi sévères que celles de l'Afrique du Sud reste à étudier. A certains égards, le système paraît intéressant, notamment par la caractéristique très inductive des circuits associés en série, et par l'absence du danger de claquage des machines qui sont isolées du sol.

Jusqu'alors, les inconvénients des réseaux à courant continu l'ont emporté sur leurs avantages. Mais d'autre part, les difficultés augmentent avec la longueur des lignes de transmission; et, lorsque les réseaux à courant alternatif atteindront leurs tensions limite voisine de 300 000 v, la balance penchera à nouveau en faveur de la transmission par courant continu. J. M.

Une convention télégraphique Mexico-Cubaine. (*The Electrical Review.*) — Les gouvernements du Mexique et de Cuba viennent de conclure un arrangement en vue d'une liaison radiotélégraphique de leurs réseaux télégraphiques avec fils, et d'un service de T.S.F. public et privé. Tous les messages devront être transmis en espagnol, sans utilisation possible d'un code quelconque. Les bénéfices de l'entreprise seront partagés entre les deux États, à parties égales. J. M.

Les débouchés commerciaux de la T. S. F. en Amérique du Sud. (*The Electrician*, 5 novembre 1926.) — Le représentant à l'étranger d'une importante maison de matériel de T.S.F. de New-York, rapporte l'impression, d'un récent voyage en Amérique du Sud, que cette région offre des débouchés possibles importants à cette industrie.

Seuls les appareils de qualité supérieure sont demandés. On compte, en service à l'heure actuelle : 1 000 000 de postes en Argentine; 40 000 à 50 000 au Chili; 60 000 au Brésil; par ailleurs 12 000 licences ont été accordées au Pérou, en dehors de nombreux postes clandestins. En Uruguay on compte 15 000 postes, et en Ecuador 5000. J. M.

Fourniture de matériel électrique allemand au Pérou. (*The Electrical Review*, 19 novembre 1926). — Le gouvernement du Pérou vient de passer un accord avec l'Allgemeine Electricitäts Gesellschaft et des ateliers d'électricité Bergmann, pour la construction d'une grande station centrale hydro-électrique, à Ronboraque, près de Callao. La dépense envisagée est de l'ordre de 300 000 livres anglaises.

Les importations de matériel électrique en Italie. (*The Electrical Review*, 19 novembre 1926). — Au cours d'une réunion entre le ministre de l'économie, et la confédération fascite de l'industrie, qui représente le groupement de 21 des plus importantes maisons de construction de machines électriques, l'attention du gouvernement a été attirée par le chiffre croissant des importations de matériel étranger en Italie; de 55 000 quintaux en 1925, représentant 55 000 000 lire, il est monté à 51 000 quintaux en 1925, représentant 97 000 000 lire; au cours de 7 premiers mois de 1926, il atteint 38 000 quintaux, représentant 76 000 000 lire. Signor Benni, parlant au nom de la confédération, déclara qu'effectivement la situation des constructeurs italiens s'aggravait et demanda pour eux, une protection efficace, sous forme d'impôts nouveaux sur les importations étrangères. J. M.

Importants travaux hydro-électriques au Mexique. (*The Electrical Review*, 12 novembre 1926.) — On rapporte que le gouvernement mexicain aurait confié à la Compagnie mexicaine de lumière et de force motrice, l'exécution d'un des plus grands projets d'irrigation et d'exploitation d'énergie hydraulique qui aient encore été envisagés dans ce pays. Ce projet entraînera une dépense de 18 000 000 pesos (1 800 000 livres anglaises). Il comporte la construction d'un grand barrage en béton armé, sur la rivière Lerma, près de Contepec, dans l'état de Michoacan. La Compagnie américaine de lumière et de force motrice envisage une dépense de 1 500 000 livres pour la construction du barrage et de l'installation hydro-électrique adjacente, tandis que le gouvernement consacrera plusieurs millions de pesos aux travaux d'irrigation compris dans le projet. J. M.

Les difficultés des entreprises allemandes en Russie. (*The Electrical Review*, 12 novembre 1926.) — On rapporte que les diverses entreprises industrielles allemandes en Russie se développent extrêmement peu, en raison des difficultés rencontrées auprès des autorités soviétiques. Les ennuis de la Société Siemens, par exemple, qui a entrepris l'exécution de son contrat pour la construction d'un chemin de fer souterrain à Moscou, sont si grands, que les intérêts américains qui financent l'entreprise ont exprimé le désir de voir résilier le marché, même à perte. Dans l'état actuel des travaux, il est probable que la résiliation sera obtenue.

D'autres complications de même genre sont signalées par ailleurs. J. M.

La consommation du zinc en Allemagne. (*The Electrical Review*, 12 novembre 1926.) — Le développement énorme qu'a pris la radiodiffusion dans ce pays, au cours des toutes dernières années, a contribué a augmenter sa consommation de zinc, qui rentre dans la fabrication des batteries de piles par récepteurs de T.S.F. Cette fabrication absorbe annuellement, à elle seule, au moins 2500 tonnes de ce métal. J. M.

Développement de l'industrie électrique au Japon. (*The Electrical Review*, 12 novembre 1926.) — La construction de la sous-station de la Toho Electric Power C°, à Nishi Biwajima (30 000 kw) s'avance rapidement. Elle comporte 4 transformateurs de chacun 7500 kw. Une partie de la station est déjà terminée. Le reste sera fini avant 1927. Cette station recevra de l'énergie des Compagnies : Nahi et Hayakawa, pour la distribuer aux sous-stations de la ville. La station centrale de la Nippon Denryoku Kaisha, à Amagasaki, verra sa capacité totale d'utilisation portée à 70 000 kw, par des travaux dont les dépenses s'élèveront à 12 000 000 de yen, et qui seront probablement terminés en mars prochain. L'énergie de cette station centrale sera transmise au poste de transformation de Osaka; ces travaux ont en vue de parer à toute défection possible de l'une des stations hydro-électriques des environs de Osaka. J. M.

Digitized by Google

LA PRODUCTION DU COURANT CONTINU
A HAUTE TENSION
POUR LES ESSAIS DE CABLES

La méthode adoptée généralement pour obtenir de gros débits de courant continu à haute tension, comme dans les systèmes Thury à courant constant, consiste à relier en série un certain nombre de dynamos à basse tension, jusqu'à ce que la haute tension cherchée soit atteinte. L'installation doit alors être complètement isolée pour la tension totale de débit Mais, pour les essais de câbles où les puissances demandées sont très faibles, une telle méthode est trop prohibitive, surtout pour les essais en campagne de câbles déjà posés (1).

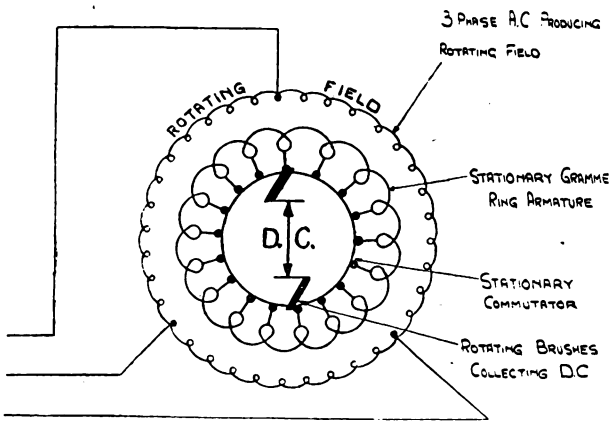


Fig. 1.
Schéma du « transverter ».

Le Transverter. — La figure 1 donne une représentation schématique du convertisseur de courant connu sous le nom de Transverter(2), mais où les connexions sont réalisées de façon particulière. On peut concevoir un générateur inversé, dont l'armature et le collecteur restent fixes dans l'espace, tandis que le champ magnétique et les balais y tournent, en donnant naissance à une force électromotrice dans l'armature stationnaire. Dans le cas du transverter, une alimentation par courant alternatif triphasé fournit un champ tournant, comme dans le stator d'un moteur d'induction.

En supprimant l'entrefer entre l'armature et les enroulements, siège du champ tournant, on augmente le rendement ; on se trouve alors en présence d'un transformateur avec enroulements primaires et secondaires.

Le raccordement des enroulements secondaires (convenablement reliés entre eux) à un collecteur de 36 lames, par exemple, permet alors d'obtenir des forces électromotrices d'induction régulièrement déphasées entre elles Si on entraîne alors les balais à une vitesse synchrone du champ tournant d'alimentation, on recueillera, à leurs bornes, une tension continue. La question d'isolement se trouve très simplifiée puisque les enroulements sont tous fixes. Il suffit de prévoir le collecteur de chaque machine pour débiter sous 10 000 v, sans excès d'intensité sous des lames. Il est ensuite facile de relier plusieurs convertisseurs en série pour atteindre les plus hautes tensions désirables.

La forme actuelle du transverter en fait une machine qui n'est commercialement intéressante que pour les fortes puissances.

En outre sa masse et son encombrement le rendent peu propice aux essais de câbles posés en campagne.

Le redresseur mécanique Delon. — Le principe du redresseur Delon est trop connu pour que l'on y revienne ici. La figure 2 donne, sous un aspect simplifié, le schéma des connexions de l'appareil en vue de son application aux essais de câbles ; le premier cas se rapporte à l'essai entre conducteurs, le second à l'essai entre conducteurs et gaine, le troisième à l'essai des câbles à conducteur unique.

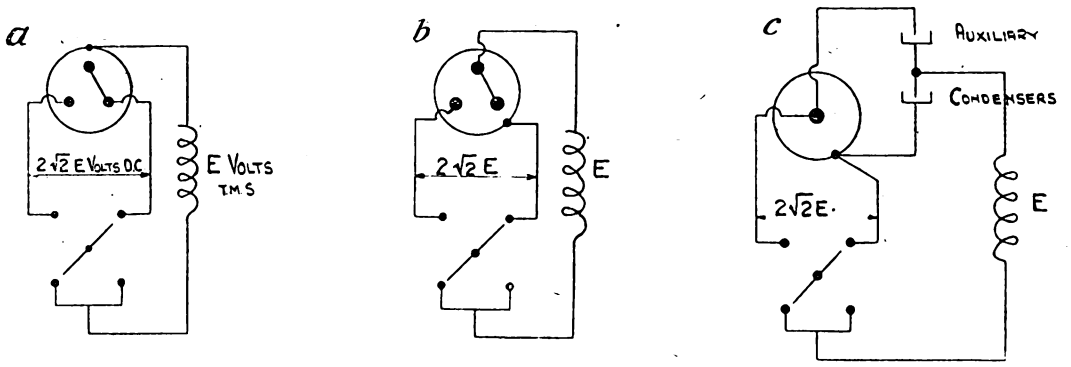


Fig. 2.
Schéma du redresseur Delon.

Cependant, et quoique souvent utilisé pour les essais à

(1) L'*Electrical Review*, 20 août 1926.

(2) Voir description détaillée dans *L'Industrie Électrique* du 25 juin 1924, page 229.

Rappelons que cet appareil est en somme la reproduction d'une grande échelle du « panchahuteur » du regretté Maurice Leblanc, ainsi que de la permutatrice Rougé-Faget.

Digitized by Google

haute tension, le redresseur Delon ne donne pas une tension régulière, du fait qu'il est basé sur la décharge entre les contacts rotatifs et les balais du collecteur fixe. Suivant les conditions locales il peut s'ensuivre, à des degrés plus ou moins importants, des surtensions ou des décharges oscillantes dangereuses. Ces oscillations peuvent affaiblir en permanence le diélectrique et détériorer les câbles en essais.

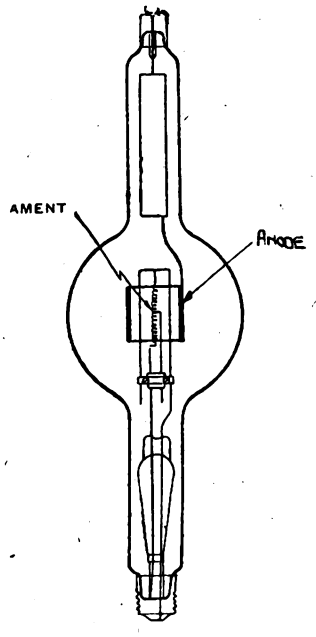


Fig. 3.
Kénotron.

Cet inconvénient de l'appareil a contribué au perfectionnement du redresseur qui va être maintenant décrit, et dont l'adoption se généralise chaque jour plus pour les essais à haute tension des câbles souterrains, lorsque leur installation est terminée.

Le redresseur kénotron. — Le perfectionnement moderne des tubes à rayons X de grande puissance travaillant sous des tensions continues de l'ordre de 10000 v et plus, a beaucoup contribué à leur application aux essais de câbles.

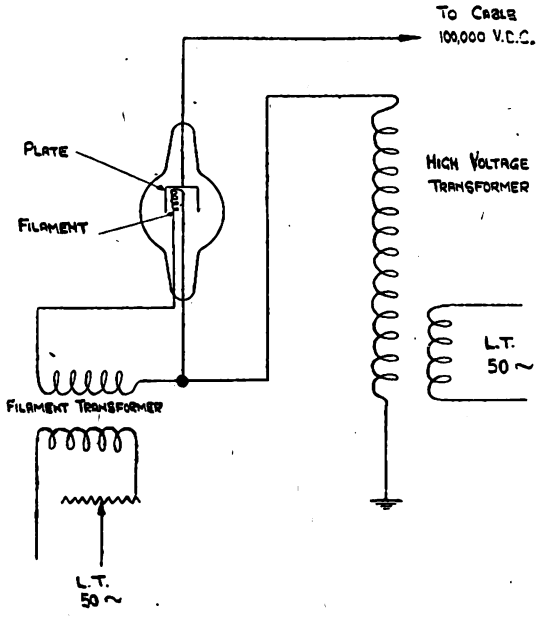


Fig. 4.
Redresseur utilisant une demi-période.

Le fonctionnement du kénotron, illustré schématiquement (fig. 3) est basé sur les phénomènes de conductibilité unilatérale entre électrodes froide (plaque) et chaude (filament). Le courant de circulation qui s'établit entre les 2 électrodes est porté par le flux électronique émis par la plus chaude et attiré par la plus froide (1).

Le schéma de principe de la figure 4 montre le processus du redressement du courant alternatif d'alimentation. Bien que d'un emploi très répandu partout, pour des essais périodiques demandant jusqu'à 100000 v de courant continu, le dispositif présente l'inconvénient de fournir une tension de débit très fortement ondulée, due à ce que le redressement du courant alternatif ne s'effectue que sur une seule de ses 2 alternances. La figure 5 met le phénomène en évidence avec des courbes relevées sur des appareils de ce genre, pour petite puissance.

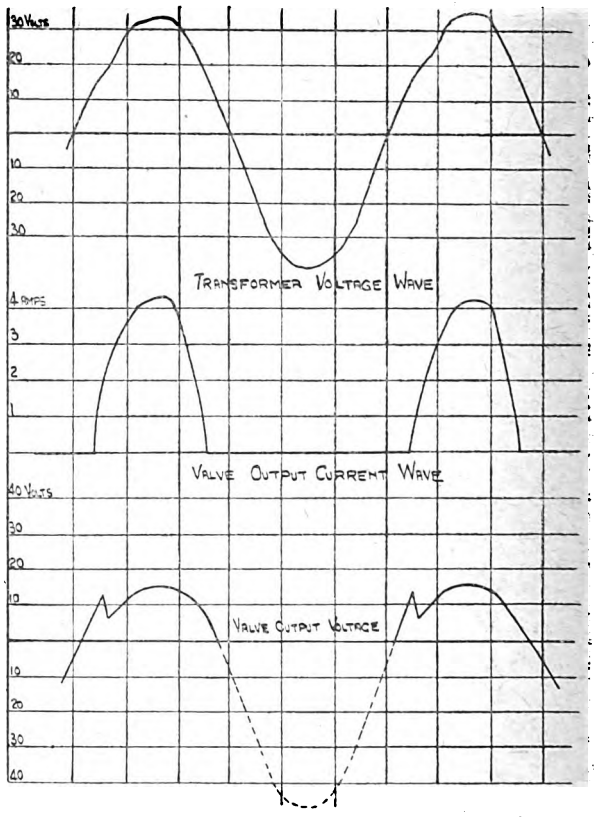


Fig. 5.
Courbe du haut : Tension du transformateur.
Courbe du milieu : Tension redressée.
Courbe du bas : Tension aux bornes du kénotron.

Le redresseur kénotron à 2 valves. — L'introduction d'un second tube dans le circuit atténue considérablement les ondulations précitées de la courbe de débit ; des relevés oscillographiques montrent, en effet, que leur importance est réduite à 0,5 pour 100 de la tension totale moyenne si les capacités et inductances introduites dans

(1) On consultera à ce sujet, avec intérêt, les très intéressantes conférences de M. Boutaric sur « L'électron dans la physique moderne ». Voir *L'Industrie électrique* du 25 juillet, 10 août, 10 septembre, 25 octobre et 10 novembre 1926.

Digitized by Google

le circuit sont convenablement choisies. Dans les conditions normales d'emploi, sous courant alternatif à 50 per : sec, la variation de la tension ne dépasse pas 5 pour 100.

La figure 6 donne le schéma théorique de l'appareil à

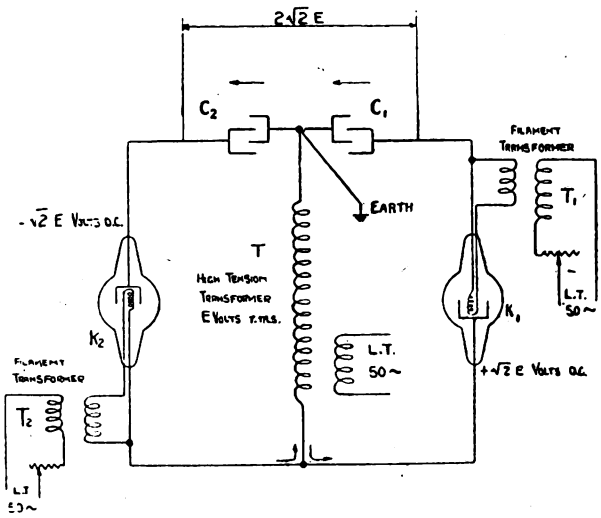


Fig. 6.
Redresseur utilisant les deux demi-périodes.

2 valves. Les transformateurs abaisseurs T_1 T_2 fournissent le courant d'alimentation des filaments, et le transformateur élévateur T le courant alternatif à haute tension destiné à être redressé. Le circuit est indirectionnel, en ce sens que le kénotron K_1 laisse seulement passer les alternances positives qui chargent le condensateur C_1 à $+\sqrt{2}E$ volts (continu), tandis que le kénotron K_2 laisse seulement passer les alternances négatives qui chargent le condensateur C_2 à $-\sqrt{2}E$ volts (continu). En pratique, cepen-

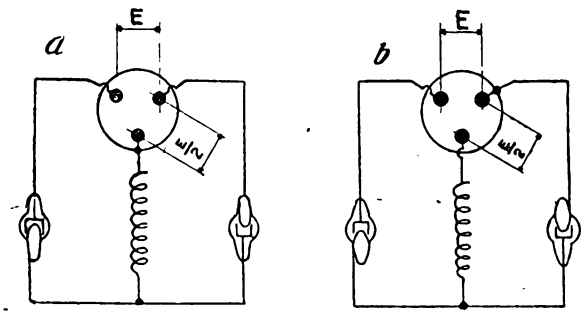


Fig. 7.
Montage d'un appareil d'essai sur un câble à trois conducteurs.

dant, du fait de certaines pertes d'origines diverses, le rendement du redressement est limité à 85 pour 100 ; en sorte que le rapport de transformation du courant continu en courant alternatif n'est que de 2,4, alors qu'il serait de $2 \times \sqrt{2} = 2{,}8$ pour un rendement de 100 pour 100.

Emploi du kénotron pour les essais de câbles. — Pour les câbles déjà posés, les 2 essais les plus importants sont ceux entre conducteurs pour les câbles triphasés, et entre conducteur et terre pour les câbles triphasés ou monophasés. Le schéma de la figure 7 *a* concerne le premier essai ; les condensateurs C_1 et C_2 sont remplacés par la capacité propre intérieure du câble, entre 2 conducteurs. On remarque facilement que, si l'appareil applique une certaine tension entre 2 conducteurs isolés d'un câble, la tension entre chaque conducteur et la terre est exactement de moitié. Si la tension est E, on voit, figure 7 *a*, que celle entre conducteur et terre est $\frac{E}{2}$.

La figure 7 *b* se rapporte à un essai entre conducteur et terre à la tension maximum de l'appareil, le conducteur du haut à droite étant à la terre.

Conclusions. — 1° Le redresseur mécanique Delon produit des perturbations brutales et des surtensions dangereuses pour la sécurité des câbles en essais.

2° Le redresseur à haute tension kénotron avec 2 valves, d'une constitution particulièrement pratique pour les essais en campagne, est tout indiqué pour les essais des câbles, auxquels ils assurent toute la sécurité voulue.

J. M.

LES MACHINES D'EXTRACTION A COMMANDE ÉLECTRIQUE

(*Suite* [1])

Fonctionnement d'une machine d'extraction commandée par moteur à courant continu. — Sur le schéma (fig. 23) on a représenté une machine d'extraction actionnée par un moteur M_c à courant continu avec son groupe convertisseur comprenant un moteur asynchrone M_A, une génératrice à courant continu Q et une excitatrice E fournissant l'excitation constante au moteur d'extraction et une excitation variable à la génératrice grâce à un rhéostat inverseur Rh manœuvré au moyen de tringlages par le levier de manœuvre L ; des canalisations de forte section réunissent directement les pôles de la génératrice à ceux du moteur.

Soit R_g la résistance du rotor de la génératrice, r celle des canalisations reliant la génératrice au moteur, R_m celle de l'induit du moteur ; E_g la force électromotrice de la génératriceet $E_m = N n \Phi$ la force contre-électromotrice du moteur, on a :

$$E_g = N_n \Phi + (R_g + R_{m+r})\, I$$

d'où

$$N = \frac{E_g + (R_g + R_{m+r})\, I}{n \Phi}.$$

Si on néglige le terme $(R_g + R_m + r)\, I$ on voit que la vitesse du moteur d'extraction ne dépend que de la force

(1) Voy. *L'Industrie électrique* du 25 novembre 1926, p. 509 et du 25 décembre 1926, p. 557.

Digitized by Google

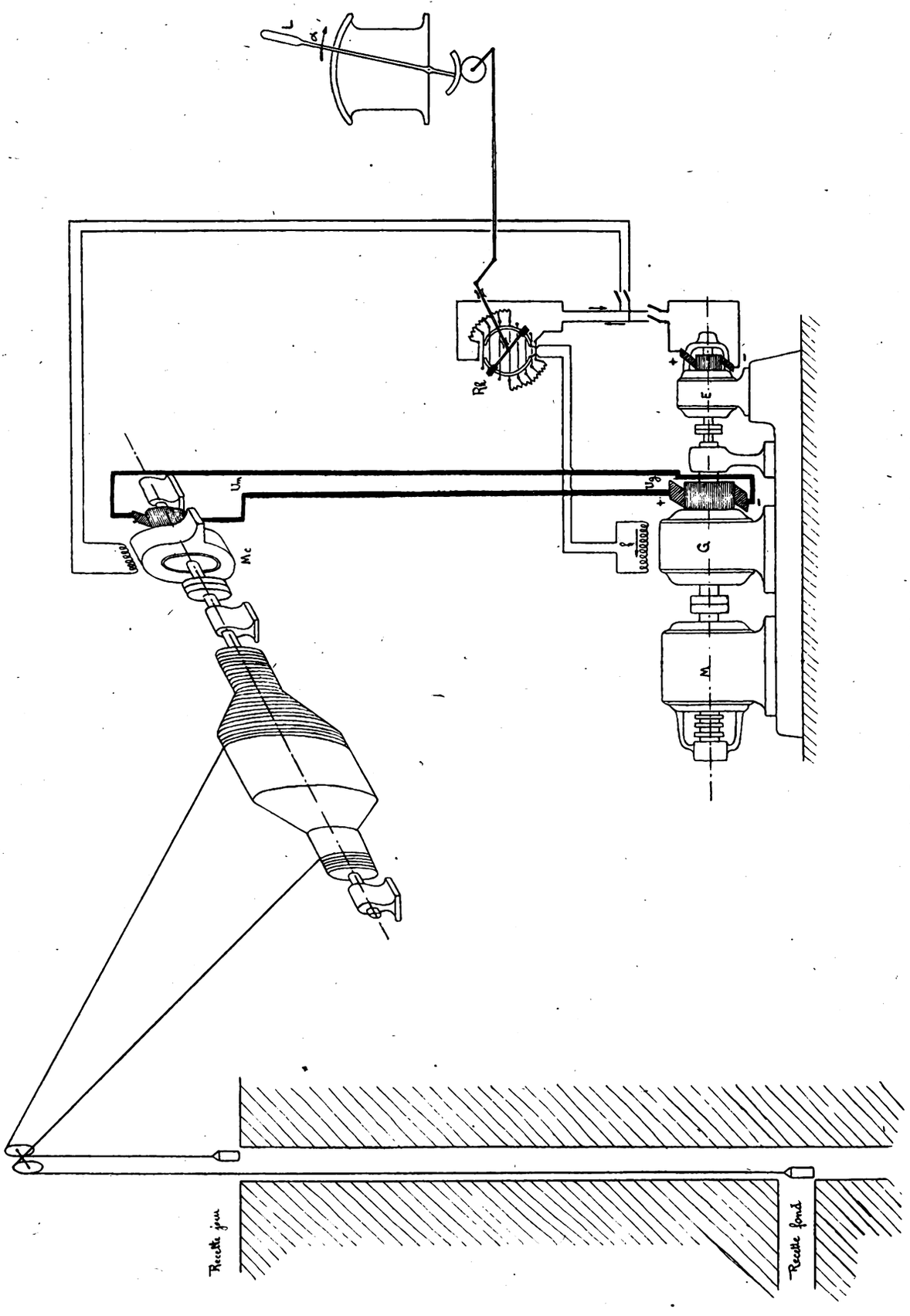


Fig. 25. — Schéma d'une machine à courant continu.

Digitized by Google

électromotrice de la génératrice qui n'est fonction que de la résistance Rh, c'est-à-dire des déplacements du levier de manœuvre; elle serait donc indépendante de la charge, que celle-ci soit positive ou négative.

En pratique le terme $(R_g+R_{in+r})\,I$, quoique très faible, influence N et il en résulte que la vitesse dépend de la charge dans une certaine mesure. Sur les courbes de la figure 24, pour chaque position du levier et pour la même charge on peut voir la différence de vitesse suivant que la charge est ascendante ou descendante.

On remédie partiellement à cet inconvénient en rendant r minimum, c'est-à-dire en rapprochant le plus possible la génératrice du moteur d'extraction et en les reliant par des conducteurs à forte section. Pour le supprimer totalement, on peut compenser la chute de tension dans le circuit génératrice-moteur en installant un dispositif dans le genre de celui de la Compagnie Electro-Mécanique qui consiste à compounder l'excitation de la génératrice; on arrive de cette manière à obtenir une vitesse de la machine absolument indépendante de la charge, que celle-ci soit positive ou négative.

Si on déplace le levier de manœuvre dans le sens α, en suivant le circuit de l'excitation, on voit que le sens du courant dans l'excitatrice de la génératrice sera celui de la flèche f; la différence de potentiel à ses bornes aura par exemple la polarité indiquée sur la figure et le moteur tournera dans un certain sens. Si le levier de manœuvre est déplacé en sens contraire, le courant est inversé dans le circuit d'excitation de la génératrice et le sens de rotation du moteur sera également inversé. Pour ralentir la machine, il suffit de ramener le levier vers la position médiane; la résistance du circuit d'excitation de la génératrice étant augmentée, la différence de potentiel à ses bornes devient inférieure à la force contre-électromotrice du moteur; celui-ci fonctionne en génératrice et la génératrice en moteur; l'énergie cinétique des masses en mouvement est récupérée et est transformée en énergie électrique.

Lorsque la charge est descendante, pour la même raison, l'énergie est entièrement récupérable; la génératrice fonctionnant en moteur, la vitesse du groupe va dépasser le synchronisme et le moteur asynchrone fonctionnera en génératrice asynchrone et enverra de l'énergie au réseau; si le groupe est actionné par un moteur synchrone, sa vitesse qui est uniquement fonction de la fréquence restera constante, mais il fonctionnera en alternateur. Ce phénomène de récupération est très visible sur un groupe Léonard; au moment où la récupération commence, le compteur du moteur du groupe ralentit, s'arrête et repart en sens inverse.

La vitesse du moteur d'extraction étant à peu près indépendante de la charge et sa valeur étant fonction du déplacement du levier de manœuvre, on peut installer un système qui permet d'avoir des pointes de démarrage identiques si la charge à extraire est constante; il consiste souvent en une came entraînée par l'indicateur de profondeur sur laquelle roule un galet relié par un tringlage au levier de manœuvre; le profil de la came est établi pour obtenir la courbe de démarrage désirée; la liaison entre le galet et le levier de manœuvre est élastique pour qu'un plus grand couple puisse être obtenu lors des manœuvres aux recettes (soulever la cage du jour, celle du fond reposant sur les taquets).

Pour le ralentissement automatique, le même système peut être employé avec une autre came, de sorte qu'avec la même charge à extraire, les diagrammes de puissance sont tous identiques et conformes au calcul; il existe à

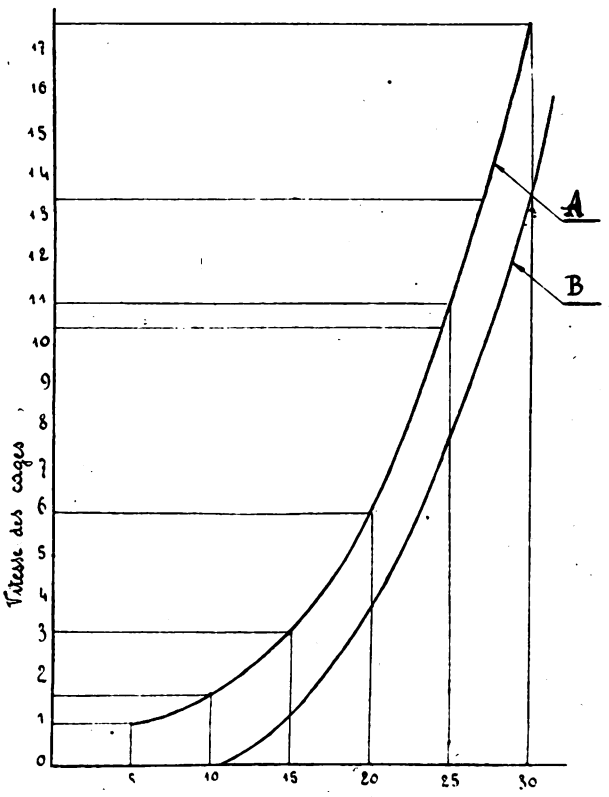


Fig. 24.
Courbes des vitesses

cet effet des indicateurs de profondeur sur lesquels on dispose les deux cames d'accélération et de ralentissement ainsi que deux galets reliés au levier de manœuvre par un tringlage. Les cames de ralentissement doivent être réglées pour le cas le plus défavorable, c'est-à-dire pour la charge maximum descendante; mais alors le ralentissement commencera trop tôt dans tous les autres cas; certains dispositifs permettent de régler le commencement du ralentissement suivant la vitesse et la charge de la machine; les cages, quelle que soit leur charge, s'arrêtent exactement aux recettes.

En résumé, avec une machine d'extraction commandée par moteur à courant continu, la conduite est extrêmement simple et la précision des manœuvres est plus grande qu'avec n'importe quel autre système.

Des freins. — Les organes de freinage d'une machine d'extraction doivent être particulièrement bien étudiés;

Digitized by Google

le parcours des cages ne dépassant pas 1200 m et leur vitesse pouvant atteindre celle d'un train express, les recettes ne peuvent être franchies de plus de quelques

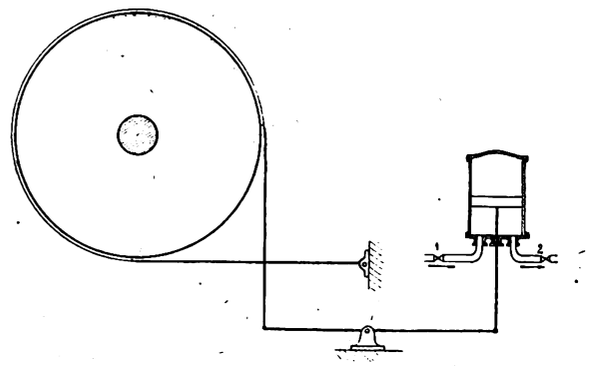


Fig. 25.
Frein à la bande.

mètres sans risquer de voir se produire un accident grave.

Le tonnage extrait est souvent limité par le nombre de cordées horaires de la machine; le temps de freinage à chaque cordée devra être réduit au strict minimum; les freins devront agir avec sécurité et leur action sera progressive pour éviter des contraintes exagérées aux

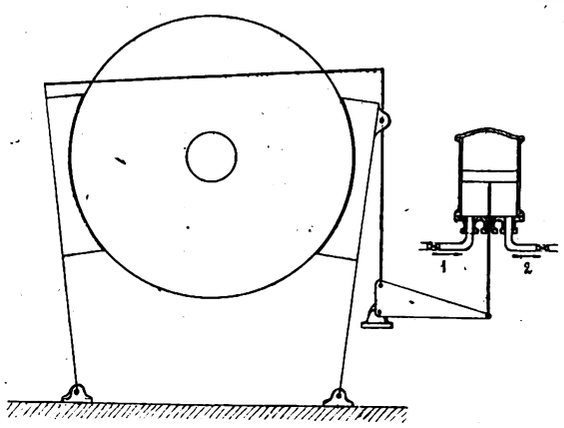


Fig 26.
Frein à mâchoire.

organes en mouvement et en particulier aux câbles d'extraction.

Dans toute machine d'extraction, il faut considérer le frein de service manœuvré habituellement pour obtenir l'arrêt et le frein de sécurité destiné à fonctionner en cas

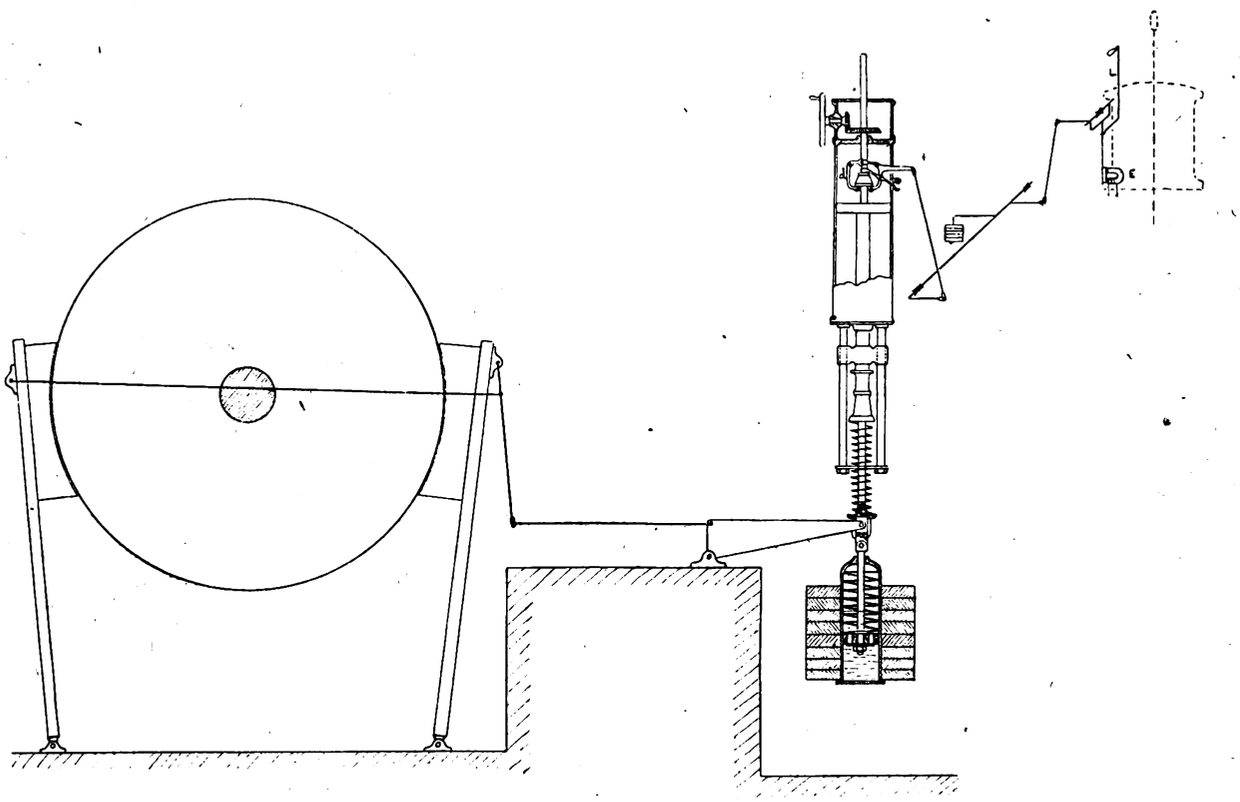


Fig. 27.
Frein de sécurité à chute libre.
Le déclic *d* est actionné soit volontairement au moyen du levier L, soit par coupure de l'électro-aimant de sécurité E.

de danger pendant la cordée. Ces deux systèmes agissent indépendamment l'un de l'autre sur les mêmes surfaces de freinage. Les freins proprement dits peuvent être soit à bande (fig. 21), soit à mâchoires (fig. 22). Ces derniers sont le plus souvent employés à cause de leur facilité de réglage et de la rapidité avec laquelle on procède pour remplacer les revêtements des sabots (bois ou matière à coefficient de frottement élevé).

Digitized by Google

Avec les appareils d'enroulement à bobines, les freins agissent sur une poulie placée entre les deux bobines; avec la poulie Koepe, les freins agissent sur deux jantes de freinage placées de part et d'autre de la poulie; de même pour les tambours.

Frein de service. — Si la commande de l'appareil d'enroulement a lieu par moteur à courant continu nous avons vu que le ralentissement de la machine s'effectue avec récupération; le frein de service ne sert dans ce cas qu'à bloquer la machine à l'arrêt; il consiste simplement en un cylindre sous le piston duquel on envoie de l'air comprimé en manœuvrant un levier situé au poste du mécanicien; l'effort sous le piston est transmis aux sabots de freinage par l'intermédiaire d'un tringlage qui l'amplifie à une valeur convenable.

Si c'est un moteur asynchrone triphasé qui commande l'appareil d'enroulement il y a avantage à adopter un dispositif de freinage progressif, la pression sous les sabots de frein dépendant de la position du levier de frein; dans l'article paru en novembre 1925 dans la revue *Arts et Métiers*, nous avons donné la description du système employé par la Compagnie Electro-Mécanique. Le freinage par contre-courant, quoique énergique et sûr, n'est pas à conseiller à cause de l'énergie considérable qui est absorbée.

Frein de sécurité. — Il est constitué par un contrepoids qui, par sa chute, doit arrêter la machine dans le temps le plus réduit.

Dans certaines machines, le contrepoids est suspendu à un piston maintenu à la partie haute d'un cylindre par la pression de l'air comprimé provenant directement du réservoir d'un compresseur; on provoque la chute du frein en fermant l'admission de l'air sous le piston et en ouvrant l'échappement réglé par la position du levier de manœuvre; plus celui-ci est éloigné de la position médiane, moins la chute du contrepoids est rapide. Ce système a des inconvénients sérieux, car on obtient l'amortissement indispensable du contrepoids en augmentant sa durée de chute; l'arrêt ne peut donc être obtenu dans le minimum de temps et il peut en résulter une aggravation d'un accident en personnel et en matériel.

Les freins qui offrent le plus de sécurité sont ceux dont le contrepoids tombe en chute libre jusqu'au moment où les sabots viennent en contact avec la jante de freinage; c'est à ce moment seulement que l'amortissement doit commencer et l'effort de frottement doit augmenter progressivement. Le piston supportant le contrepoids peut être maintenu à la partie haute du cylindre avec la pression de l'air comprimé ou être simplement accroché; une soupape largement ouverte dans le premier cas, le fonctionnement d'un déclic dans le second cas provoquent la chute du contrepoids (1).

(1) La figure 27 représente le schéma du frein de sécurité d'une machine d'extraction où l'on distinguera le frein de sécurité avec son contrepoids fonctionnant par déclic.

Certains constructeurs commandent les freins avec des moteurs électriques en prétextant que l'emploi de l'air comprimé est onéreux; en général, tous les sièges d'extraction sont pourvus d'une distribution d'air comprimé produit par un certain nombre de compresseurs puissants et le prix de revient du mètre cube n'est pas élevé au point de proscrire les systèmes simples de freinage à l'air comprimé en faveur d'autres systèmes plus compliqués. En cas de panne d'un compresseur ou de rupture d'une conduite, on prévoit un petit compresseur de secours se mettant automatiquement en marche dès que la pression descend au-dessous d'une valeur limite.

(*A suivre.*) P. FOURNIER.

TRANSFORMATEURS POUR 110 000 VOLTS

La plus grande des entreprises de la Compagnie des Indes anglaises Tata est, à l'heure actuelle, la construction d'une station centrale hydro-électrique à Bhira, qui fournira 100 000 ch à Bombay par une ligne de transmission de 120 km (1).

Cet important projet est déjà avancé; l'énergie électrique sera produite sous 11 000 v, triphasée, 50 per : sec, élevée à 110 000 pour la transmission et abaissée à 23 000 v sur les lignes de distribution principales. A cet effet, la station centrale recevra 4 groupes de chacun 3 transformateurs élévateurs; d'une puissance unitaire de 30 000 kv-a; chaque transformateur aura ses enroulements secondaires connectés en étoile, avec point neutre à la terre en permanence; cette caractéristique a conduit à l'emploi de matériaux isolants de qualité supérieure pour leur fabrication.

Une extrémité de l'enroulement à haute tension est reliée à une borne extérieure, et l'autre, à la carcasse du transformateur. Les tensions d'essais pour des appareils de ce genre ne peuvent être obtenues que par induction, et doivent être 1,75 fois la tension normale par rapport au sol, c'est-à-dire 175 000 v avec une extrémité de l'enroulement à la terre.

Le poste de réception de Bombay comportera 4 groupes de chacun 3 transformateurs monophasés d'une puissance unitaire de 27 000 kv-a, avec enroulements à haute tension reliés en triangle. Ces transformateurs ont été essayés à 240 000 v entre leurs enroulements primaires, secondaires et la terre. L'isolement de ces appareils est beaucoup plus délicat que lorsque les enroulements sont reliés en étoile avec point neutre à la terre. Ils furent fabriqués en Angleterre, où ils passent pour être les plus importants construits jusqu'alors dans ce pays.

Ces transformateurs sont du type à noyau avec enroulements disposés sur 2 jambes verticales; immergés dans

(1) *The Electrical Review*, 30 juillet 1926.

Digitized by Google

l'huile, refroidis par eau, et prévus pour fonctionner en plein air. Chaque feuille de tôle magnétique est en acier au silicium, recouvert sur une face, d'une très mince couche de composition inaltérable par la chaleur. Les canalisations de refroidissement d'huile qui courent dans le sens des plans des tôles sont faibles, car le rendement de la transmission de chaleur à travers les tôles laminées est très bas; les surfaces jointives sont, en effet, en contact très imparfait. Il est beaucoup plus efficace d'assurer le refroidissement dans le sens perpendiculaire au plan des tôles.

On le réalise en constituant l'armature rectangulaire du transformateur par 2 armatures concentriques sépa-

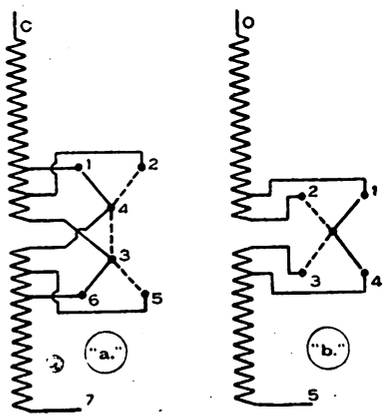


Fig. 1.
Montage des bornes à haute tension.
a. Suivant le procédé adopté.
b. Suivant le procédé habituel.

rées d'un évidement de 2 cm environ, par où s'effectuera la circulation. Les 2 armatures sont maintenues solidaires par des brides isolées.

Quelques tôles de l'armature extérieure sont retirées aux coins inférieurs et supérieurs, pour faciliter l'entrée de l'huile dans l'évidement intermédiaire.

L'armature extérieure est, en outre, encochée sur ses côtés latéraux verticaux, 2 fois à proximité de chaque angle, et dans un plan perpendiculaire à celui des tôles.

Ces encoches reçoivent des boulons carrés qui assemblent la culasse et les jambes d'une part, la culasse et le bâti d'autre part.

Cette disposition permet de lever tout le transformateur uniquement par son bâti supérieur.

L'enroulement à basse tension se compose de 4 conducteurs de section droite carrée, alternativement nus et isolés par 2 couches de coton, disposés côte à côte, parallèlement à l'axe de la bobine.

L'isolement entre spires est assuré par des bandes de coton spécial.

L'enroulement est effectué sur un cylindre de papier bakelisé, sur lequel on place, en 2 couches séparées par un isolant, le conducteur composé.

Des canalisations d'huile sont ménagées de chaque côté de chacune des couches de bobinage, par interposition de l'isolant spécial cité plus haut, en planchette. Les enroulements sont maintenus mécaniquement dans l'axe des jambes du noyau par des segments de cylindre de papier bakelisé disposés à chaque extrémité de chaque couche de conducteur. Ces segments sont eux-mêmes fixés par des écrous de laiton, suivant un procédé particulier.

Chaque bobinage possède 2 bornes, en plus de celles d'entrée et de sortie de l'enroulement total.

Les enroulements à haute tension de chaque jambe sont formés d'une association de bobinages plats, en spirale à couche unique de conducteur, maintenus ensemble par le carton isolant précité et avec canaux d'huile entre chaque paire. Les deux colonnes de disques ainsi formées sont reliées en série. Le conducteur est constitué

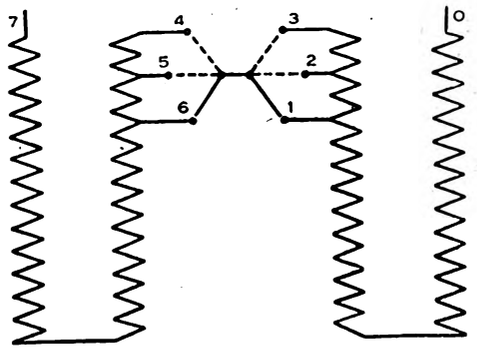


Fig. 2.
Montage des bornes à basse tension.

par un fil plat, à arêtes semi-arrondies, entouré de couches de papier de toile, spécialement traité et de batiste. L'enveloppement du conducteur est effectué en même temps que le bobinage et est maintenu en place par une spirale de ruban de coton. Chaque spire est en outre isolée de ses voisines par une épaisseur de carton spécial.

La bobine de l'enroulement haute tension qui est reliée à la ligne résiste à une tension d'essai de 76 000 v entre spires adjacentes, et les bobines internes, à 35 000 v entre spires également.

Etant donné que ces tensions d'essais sont appliquées pendant un temps sensiblement égal à 3 secondes, alors que les oscillations de haute fréquence qui prennent naissance sur les lignes à haute tension durent tout juste pendant quelques périodes de la force électromotrice, ces résultats donnent une idée du coefficient de sécurité de l'appareil.

Chaque fil intérieur au transformateur est exposé à l'huile, sur tout son parcours. L'enroulement basse tension est le plus près du noyau. L'enroulement de haute tension le recouvre concentriquement; ils sont isolés l'un de l'autre par 4 cylindres de papier bakélisé, séparés entre eux, et de chaque enroulement par des cales de carton spécial qui forment en même temps canalisation d'huile entre spires adjacentes. Le haut et le bas des enroulements haute tension sont isolés de la culasse du noyau par des segments et des cales de papier bakélisé donnant

Digitized by Google

toute sécurité par la distance limite de claquage. Chacun des 4 groupes de cet isolement (2 sur chaque jambe du noyau) est bakélisé dans une masse solide; les 2 jambes sont séparées par une cloison isolante verticale qui ménage en même temps un chemin de circulation à l'huile, entre cette cloison et le bobinage de chaque jambe.

Une fois complètement montés, les enroulements sont fixés puis soumis à un traitement thermique de plusieurs jours qui produit un retrait d'environ 10 pour 100 de la hauteur initiale de chaque bobine.

Ces transformateurs sont prévus avec prises, pouvant donner 3 tensions différentes, et également réparties sur les 2 jambes pour ne pas en rompre l'équilibre. Ces prises sont faites au milieu des colonnes de bobines, suivant un mode très intéressant (fig. 1 *a*), qui permet, quel que soit la tension choisie, de conserver le centre magnétique de l'enroulement à la même place. Le figure 1 *b*, montre la méthode de connexion habituelle. On y remarque que, pour toute connexion autre que celle donnant la tension maximum, l'enroulement comporte un « bout mort », c'est-à-dire une partie de bobinage sous tension, mais sans effet actif. La moindre surtension arrivant au transformateur, traversera donc la partie active de l'enroulement, atteindra la partie inactive, se réfléchira à l'extrémité de celle-ci et pourra prendre, à son retour, une valeur très dangereuse, susceptible d'entraîner des inconvénients. Dans le procédé indiqué figure 1 *b*, la totalité de l'enroulement reste constamment en circuit, sans aucun point capable de réflexion. Il nécessite, il est vrai, un nombre de bornes double du nombre de tensions nécessitées. Mais, sur un transformateur à haute tension de grande puissance, cet inconvénient n'existe pas en regard des avantages qu'il procure.

Les deux enroulements de basse tension sont reliés en série ; 3 bornes correspondantes à 3 tensions différentes sont disposées sur chaque enroulement, ainsi que l'indique la figure 2. La communication entre ces différentes prises est effectuée par des barres de cuivre situées au-dessus de la culasse horizontale supérieure du transformateur. Un réservoir d'expansion d'huile est monté sur le côté de la cuve; il se trouve en communication avec un aspirateur de chlorure de calcium, son couvercle est muni d'une valve de sécurité constitué par une pipe terminée intérieurement par une feuille de cuivre très mince qui doit parer aux surpressions instantanées possibles dans la cuve principale. L'huile est refroidie par un serpentin à circulation d'eau suspendu au-dessous du couvercle de la cuve. Ce serpentin est fait d'un tube de cuivre rigide dont les spires sont assemblées par des pièces moulées en alliage d'aluminium. Le manque d'eau est signalé par un dispositif de supervision électrique.

Les bornes de sortie de l'enroulement à basse tension sont exclusivement en porcelaine, celles de l'enroulement à haute tension sont du type habituel à capacité dont la partie extérieure à la cuve est enchâssée dans une série de plaques de garde assurant la protection en service à l'air libre. En atmosphère sèche, ces bornes ne claquent qu'à 350 000 v; par temps de pluie cette tension est abaissée à 250 000 v.

Un thermomètre à cadran est monté sur le côté de la cuve.

Les essais de ces transformateurs ont accusé, pour chacun d'eux, une puissance de 12 500 kv-a, à 65° C., ce qui porte la puissance de chaque groupe à 37 500 kv-a, et la puissance totale de la sous-station à 150 000 kv-a. Ils subirent, pendant une minute, une surtension égale à 2,2 fois leur tension normale de fonctionnement, qui fut réduite ensuite à 1,65, pendant 5 minutes. Le poids de chaque armature avec ses enroulements est de 20 tonnes et celui de la cuve, avec tous ses équipements de 12 tonnes. Le poids de l'huile est de 15 tonnes. Le poids total de chaque unité, en ordre de marche est donc de 48 tonnes, son encombrement de 3,60 m × 2,60 m sur le sol, et sa hauteur totale de 5,30 m sans les bornes et 7 m avec les bornes.

J. M.

L'ÉQUILIBRAGE ÉLECTRIQUE DES CABLES SOUS-MARINS

L'une des plus intéressantes caractéristiques du câble sous-marin, à charge réactive uniformément répartie, récemment posé par la Western Union Telegraph C° entre New-York et les îles des Açores, est sa jonction aux appareils du terminus de New-York.

Le dispositif adopté permet, en réduisant les perturbations dues aux causes extérieures, de profiter de toute la vitesse d'exploitation offerte par le nouvel alliage dit « permalloy ». Un exposé des qualités du permalloy a été présenté par M. Buckley dans le journal *Proc. A.I.E.E.* de août 1925 et dans le *Bell System Technical Journal* de juillet 1925. L'article ci-dessous (1) examine succinctement une méthode théorique d'estimation de l'amplitude des perturbations introduites dans les câbles, et présente une description des moyens employés sur le câble New York-Açores, pour combattre ces parasites.

Le facteur de perturbation. — L'influence des perturbations électriques qui se propagent le long d'un câble et sont transmises avec les signaux utiles jusqu'aux appareils récepteurs est un des facteurs les plus importants de ceux qui en limitent la vitesse d'exploitation.

Leurs effets peuvent s'observer sur la bande enregistreuse d'un siphon recorder, par exemple, où elles paraissent sous forme d'impulsion dont l'amplitude varie dans de grandes proportions (dépendant des caractéristiques du câble) depuis une fraction de millivolt, jusqu'à 10 ou 20 millivolts. A moins que l'amplitude du signal utile soit suffisamment grande par rapport à celle du

(1) *The Electrician*, 6 août 1926. M. Gilbert, ingénieur du Laboratoire de la Bell Telephone C°.

Digitized by Google

parasite, celui-ci perturbera le siphon ricorder et, par suite, le fonctionnement des relais qu'il commande.

Étant donné que l'amplitude des signaux diminue rapidement à la réception en même temps que leur vitesse de transmission augmente, il est évident qu'à une certaine tension à l'émission, correspond une vitesse d'exploitation maximum qui ne peut être dépassée sans danger de mutilation des signaux. Si, par un moyen quelconque, l'amplitude des parasites peut être diminuée, l'amplitude inférieure limite des signaux utiles pourra être également diminuée; la vitesse de transmission pourra donc être accrue.

Les perturbations auxquelles sont soumis les câbles sous-marins, sont dues aux forces électromotrices induites dans leurs conducteurs par les champs électromagnétiques extérieurs, se développant dans l'eau sous des influences diverses qui peuvent être grossièrement classées en 2 catégories :

La 1re catégorie comprend les causes artificielles telles que les réseaux de transport d'énergie électrique, ou réseaux de chemin de fer, au voisinage des terminus du câble. Les courants de circulation qui se développent entre les différentes prises de terre de ces réseaux donnent lieu à des champs électromagnétiques dans la terre et dans l'eau qui peuvent être à variations apériodiques et brusques, ou périodiques. La 2e catégorie comprend les diverses modifications atmosphériques de toute altitude, telles que les orages électriques ou magnétiques qui produisent en radiotélégraphie les parasites dits « atmosphériques ». On possède très peu de données sur la nature et l'importance de cette seconde catégorie de causes perturbatrices, mais il a été remarqué que, de la même façon qu'en radiotélégraphie, leur intensité dépend de nombreux facteurs dont les plus importants sont la saison de l'année et la situation géographique du lieu d'observation.

Aux époques de perturbations électriques anormales dues, par exemple, aux aurores boréales ou à un orage électrique, les tensions parasites induites dans les câbles peuvent être assez dangereuses pour risquer de détériorer les appareils de réception et même l'isolement propre du câble.

Effets perturbateurs. — Une perturbation électrique telle qu'une décharge entre un nuage et la terre se fait sentir en différents points par l'intermédiaire d'ondes électromagnétiques qui se propagent à la surface de la terre selon les lois régissant le « skin effect », ou « effet pelliculaire », qui veulent que les effets électriques et magnétiques accompagnant l'onde tendent à se concentrer à la surface, le degré de concentration étant d'autant plus élevé que la fréquence de la perturbation est plus grande. On peut avoir une idée de l'ordre de grandeur de ce phénomène en examinant la distribution des champs électriques et magnétiques accompagnant une perturbation sinusoïdale de fréquence f uniformément répartie à la surface de l'Océan.

A une profondeur z au-dessous de la surface de l'eau, les intensités des champs sont données par ε fois les intensités correspondantes à la surface, avec $k = 2\pi\sqrt{\lambda f}$, λ étant la conductivité électrique de l'eau de mer. Le tableau ci-dessous donne l'amplitude de perturbations sinusoïdales de fréquences diverses pour plusieurs profondeurs, avec $\lambda = 5 \times 10^{-11}$.

z en mètres.	f en per : sec,		
	5	50	100
33	0,73	0,58	0,26
66	0,54	0,14	0,07
166	0,22	0,01	0,001

En un point quelconque de la surface de l'Océan, les champs électriques et magnétiques instantanés sont la résultante de perturbations venant de plusieurs points du globe, et dont la plupart sont très éloignés; en outre, sur une région de surface d'eau dont les dimensions sont comparables à la profondeur de la mer à l'endroit où le câble est immergé, c'est-à-dire de l'ordre de quelques kilomètres, la surface de perturbation peut être considérée comme uniforme. Par conséquent, les valeurs données par la table 1 ci-dessus représentent, à peu près exactement, les champs électriques et magnétiques aux environs du câble, en fonction des intensités des mêmes champs à la verticale des premiers et à la surface de l'eau.

On constate, sur le tableau, que l'importance de la perturbation tombe rapidement avec sa pénétration en profondeur, et que cette atténuation est en fonction directe de la fréquence. Aux profondeurs de 1,5 à 3 km auxquelles sont immergés la plupart des câbles transocéaniques, les composantes à basse fréquence des perturbations extérieures pénètrent seules d'une façon appréciable. Mais, au voisinage des points d'atterrissage des câbles où la profondeur de l'eau diminue, les composantes de plus haute fréquence ne sont plus négligeables.

C'est à celles-ci que sont dus les parasites les plus importants. Leur influence est d'autant plus grande que la zone d'immersion à faible fond s'étend loin des côtes. Aux environs de New-York, par exemple, les câbles traversent pendant près de 150 km une zone où l'eau ne dépasse pas 30 à 60 m de profondeur.

Méthode d'évaluation des perturbations. — La force électromotrice induite dans chaque unité de longueur d'un conducteur de câble est proportionnelle à l'intensité du champ électrique dans l'eau ambiante. Ces forces électromotrices, réparties tout le long du conducteur, donnent naissance à des courants transmis dans les 2 sens, vers la terre et vers le large, depuis le point d'induction, suivant la loi de la transmission des signaux, accompagnés de variations de potentiel entre conducteur et terre. La tension et l'intensité résultante à l'extrémité du câble constituent la perturbation effective.

Digitized by Google

Une méthode d'évaluation de l'importance des perturbations a été établie sur les principes ci-dessus exposés. Elle s'appuie sur l'étude des influences relatives d'une même perturbation extérieure sur différents câbles, avec l'idée de prédéterminer ce que sera cette influence sur un nouveau câble en projet au moyen de mesures effectuées sur des câbles déjà posés.

Cette méthode consiste à évaluer, au terminus du câble, l'influence d'une perturbation sinusoïdale, d'amplitude constante, uniformément répartie tout le long du câble et de fréquence variable à volonté.

En comparant les valeurs relevées aux terminus de 2 câbles, pour les fréquences particulièrement intéressantes par rapport à la vitesse de transmission demandée, les caractères et amplitudes relatifs des perturbations induites dans chaque câble sont déterminés.

L'application de cette méthode exige de se souvenir que, bien que la perturbation au terminus du câble soit une résultante de tensions et d'intensités sinusoïdales de toutes fréquences, depuis zéro jusqu'à l'infini, les fréquences ayant un rapport avec la vitesse de transmission cherchée sont surtout intéressantes. Ceci provient du fait que les caractéristiques d'un câble sous-marin favorisent le passage des composantes à basse fréquence et amortissent celui des composantes à haute fréquence.

Pour recevoir convenablement un signal, il est donc nécessaire d'employer un dispositif correcteur, à l'extrémité réceptrice dont l'une des fonctions sera d'atténuer les composantes à basse fréquence par rapport à celles de haute fréquence pour conserver au signal reçu ses caractéristiques d'émission. Il est aussi constaté, que, les fréquences supérieures à 1 fois ou 1 fois et demie celle du signal ne sont pas indispensables à une bonne reproduction de celui-ci. En sorte que, le correcteur n'est habituellement prévu que pour l'étouffement des fréquences composant les plus élevées de la perturbation.

L'organe récepteur n'amplifiera donc que les composantes perturbatrices dont la fréquence est voisine de celle des signaux. Pour cette raison, il est nécessaire, dans la majorité des cas, de ne considérer que les perturbations ramassées par les parties du câble immergées à moins de 500 m, car, comme il a été précédemment indiqué, les basses fréquences seules atteignent les grandes profondeurs sous-marines.

La méthode ci-dessus esquissée a été appliquée à la prédétermination de l'influence des parasites sur le câble à charge selfique uniformément répartie, en permalloy, qui relie New-York aux îles Açores. Au terminus de Horta, ce câble atteint une grande profondeur à quelques kilomètres seulement des côtes; en sorte que l'on estime que l'influence des perturbations ne sera pas suffisante pour abaisser la vitesse de transmission prévue.

Du côté de New-York, au contraire, l'immersion est peu profonde jusqu'à 100 miles marins à partir des côtes; il est probable que cette partie du câble sera soumise à de forts parasites. Ces parasites seront dus notamment aux champs très violents développés par les nombreux réseaux de traction électrique de la capitale et de ses environs immédiats.

Des oscillogrammes de l'influence de ces perturbations sur des câbles non pupinisés, ont été enregistrés après amplification. Une autre série d'essais a été effectuée à bord du navire poseur de câbles de la Western Union C° au cours de laquelle un câble a été retiré de grande profondeur, puis coupé; des mesures de l'influence des parasites furent ensuite effectuées sur chaque tronçon. D'après la méthode exposée, l'examen des résultats de ces essais a montré qu'à moins d'un dispositif évitant l'action des parasites sur les parties de câble peu immergées, un grand sacrifice sur la vitesse de transmission s'imposait. Le dispositif adopté pour le câble qui nous intéresse est une connexion de prise de terre spéciale qui s'étend jusqu'à 100 miles en mer et à laquelle les appareils terrestres sont raccordés au moyen d'un conducteur semblable à celui de cette partie du câble.

Le détail en est exposé ci-après.

Élimination de la réflexion. — Pour diminuer l'action des parasites sur les câbles, on munit généralement ceux-ci d'une prise de terre marine qui consiste en un conducteur isolé s'étendant à plusieurs kilomètres de la côte, jusqu'à un point où il est mis à la terre par contact avec son armature. L'aboutissement terrestre de ce conducteur est raccordé à la terre des appareils récepteurs.

Différents brevets couvrent ce dispositif : Osborne, brevet américain 1 590 580, 1921 ; Heurtley, brevet anglais 198 978, 1925 ; Gilbert, brevet anglais 218 261, 1926.

Il est évident que, si le conducteur principal, et la prise de terre marine sont rapprochés, ils seront soumis aux mêmes perturbations sur toute leur longueur commune. S'ils réagissent tous deux de la même manière sous ces influences, il apparaît qu'à chaque impulsion parasite subie par le conducteur principal à son terminus terrestre, correspondra une impulsion identique au terminus terrestre du conducteur de prise de terre marine.

Le dispositif de réception subira la différence de ces deux actions, différence qui sera nulle, puisque les 2 actions sont égales. En réalité, le conducteur de prise de terre marine ne réagit pas exactement comme la partie correspondante du conducteur principal, car leurs impédances de mise à la terre ne sont pas équivalentes. La somme des perturbations ramassées par le premier et transmise vers le large se trouve réfléchie à l'extrémité en mer, revient le long du câble jusqu'à la cote, et, si une réflexion semblable n'a pas lieu sur le câble de travail, la résultante des actions perturbatrices n'est plus nulle aux bornes des récepteurs.

Un moyen de remédier à cet état de chose est d'éviter la réflexion à l'extrémité en mer du câble de terre-marine.

Il faut pour cela, raccorder son conducteur à son armature, non plus directement, mais à travers une impédance. Cette impédance devra avoir la même valeur, par rapport à celle du conducteur qui y aboutit, que

Digitized by Google

l'impédance du tronçon du câble de transmission au delà du point de prise de terre marine, par rapport à celle du tronçon en deçà jusqu'à la côte. Dans le cas où le fil de terre a la même caractéristique que le tronçon correspondant du câble, cette impédance sera égale à celle du tronçon restant.

Pour que ce dispositif travaille avec un rendement maximum, il est nécessaire que les facteurs déterminant leurs réactions sous les parasites soient aussi voisins que possible dans les 2 conducteurs.

Aspect économique du problème. — La détermination de la longueur optimum de la prise de terre marine est un problème d'ordre économique.

Cette longueur maximum sera, en effet, celle pour laquelle l'accroissement de valeur commerciale du câble due à la réduction des parasites, compensera les frais d'accroissement de la prise de terre. Dans certains cas on estime plus économique d'atteindre le rendement voulu en posant un câble meilleur plutôt qu'en augmentant la longueur de la prise de terre. Pour certains câbles aboutissant dans la mer du Nord, par exemple, les conducteurs de terre sont obligés d'avoir plusieurs centaines de miles marins de longueur avant d'atteindre une profondeur convenable pour leur raccordement à l'armature. L'accroissement du poids du câble utile augmente l'amplitude des signaux à l'arrivée, il s'ensuit une plus grande tolérance pour l'amortissement des parasites; les prises de terre marine doivent alors compenser seulement les parasites locaux et l'influence des câbles voisins s'il y en a. Une faible longueur leur suffit alors.

Les câbles télégraphiques sous-marins à charge inductive uniformément répartie possèdent des caractéristiques qui rendent très facile l'équilibrage du câble de prise de terre. Si le câble a été convenablement prévu pour une vitesse de transmission donnée, ses valeurs d'impédance pour toutes les fréquences supérieures à une fréquence donnée, inférieure à celle de transmission, possèdent une composante de résistance pratiquement constante, et une composante de réactance relativement faible. Dans le cas d'un câble prévu pour travailler à 60 per : sec, par exemple, l'impédance pour toutes les fréquences supérieures à 20 per : sec reste à peu près équivalente à une résistance pure de 400 ohms. Au contraire, l'impédance d'un câble sans charge inductive uniformément répartie varie avec la fréquence et possède une composante de réactance du même ordre que sa composante de résistance.

Avec un câble comme les premiers, l'équilibrage sur la prise de terre marine revient à intercaler sur celle-ci une résistance de quelques centaines d'ohms. Il faut reconnaître qu'un équilibrage de ce genre n'est pas excellent pour les fréquences faibles par rapport à celle des signaux et qu'il laisse passer les basses fréquences perturbatrices jusqu'à l'entrée des récepteurs. Mais, ainsi qu'il l'a été remarqué précédemment, ces fréquences basses sont considérablement atténuées par le dispositif correcteur raccordé au câble.

Réalisation pratique. — Ces résistances d'équilibre sont pratiquement constituées par quelques centaines de mètres de fil tressé de 0,1 mm de diamètre, en métal de grande résistance spécifique, et isolé à la gutta-percha. Après avoir été raccordée à l'extrémité convenable du fil de prise de terre marine, cette résistance est recouverte de jute et logée dans le prolongement de l'armature du fil. Son extrémité libre est ensuite reliée à l'armature de la façon habituelle. Cet arrangement réunit toutes les qualités de sécurité et légèreté désirables.

Il est une autre raison qui tend à simplifier beaucoup le problème de l'équilibrage d'un câble à charge inductive de la connexion de terre.

On a vu que les perturbations les plus intéressantes à éliminer sont celles dont les fréquences voisinent avec la fréquence des signaux utiles. Étant donné que, pour un câble à charge inductive, cette fréquence est de 5 à 10 fois supérieure à celle d'un câble ordinaire il est évident, d'après l'exposé précédent, que la connexion de terre marine d'un câble du premier type peut être plus courte et moins profondément immergée que celle d'un câble du second type.

L'équilibrage du câble New York-Açores s'est montré excessivement efficace. Des comparaisons effectuées avec des câbles à prise de terre marine ordinaire ont accusé une protection contre les parasites pour le premier câble 10 fois supérieure à celle des autres. Cette proportion est encore accrue aux endroits où les perturbations de la première catégorie sont très importantes.

Il a été possible aussi de travailler avec ce câble pendant de violents orages électriques locaux, tandis que le trafic sur tous les câbles voisins avait dû être interrompu.

J. M.

LES FOURS ÉLECTRIQUES A RÉSISTANCE

Le four électrique à résistance répond particulièrement bien aux besoins de l'industrie métallurgique; on en donne pour preuve son extension aux États, où le prix de revient de l'énergie des principaux centres n'est certainement pas inférieur à celui de l'Angleterre, et où l'on compte actuellement 80000 kw de fours de ce genre en fonctionnement(1).

Un four de 60 kw vient d'être installé en Angleterre, à la station centrale Summer Lane, de l'Electrecity Supply department, de Birmingham; il a été construit par la Electric Furnace Co Ltd suivant les brevets Wild-Barfield.

Le corps de l'appareil est formé de feuilles d'acier doux, assemblées dans les angles, constituant un ensemble de construction mécanique robuste. La face interne du foyer est faite de briques réfractaires de qualité supérieure,

(1) *The Electrical Review*, 30 juillet 1926.

Digitized by Google

d'une structure spéciale, portant les encoches de logement des éléments chauffants. L'arrière de ces briques est également rainuré pour recevoir les attaches des briques entre elles. Ces attaches sont en alliage de fer non corrosif, et inoxydable, même pour la température de travail du four. La sole et les briques sont réunies par l'intermédiaire d'un briquetage isolant pour les hautes températures. Les éléments résistants sont formés de spirales de fils en nickel chrome de qualité supérieure, traversant le four dans toute sa longueur, en suivant les encoches intérieures des briques. Ces résistances sont disposées de chaque côté et au-dessus de la chambre de chauffe. Toutes les connexions électriques de ces fils se font par l'arrière du four qui est démontable pour l'entretien de l'appareil.

L'avant du four est muni de guides pour la porte de chargement et son dispositif d'équilibrage. Cette porte comporte un regard accessible en fonte permettant d'examiner le métal en traitement. Le sommet du four est muni de deux cheminées d'évacuation des fumées qui pourraient se produire pendant la chauffe.

Le réglage automatique du chauffage est assuré par un thermo-couple situé au centre du four, et par un pyromètre spécial comportant une échelle graduée directement en degrés de température et une aiguille mobile indicatrice. Sous cette aiguille s'en trouve une seconde qui permet de déterminer à l'avance la température à laquelle on désire faire travailler le four. Lorsque la première aiguille atteint la graduation correspondante à cette température un petit thermo-couple contenu dans l'appareil s'échauffe et excite un relais spécial. Ce relais en actionne un autre plus puissant qui agit à son tour sur le contacteur des éléments chauffants, en coupant le courant. Dès que la température du four vient à tomber, les phénomènes se reproduisent en sens inverse, et fournissent à nouveau de l'énergie chauffante. Ce dispositif régulateur donne des écarts ne dépassant pas 5° à 6° C. de part et d'autre de la température cherchée, ce qui, pour des températures moyennes, correspond à une variation inférieure à 1 pour 100. Un relais différé complète le circuit de contrôle; il permet d'arrêter automatiquement le fonctionnement du four après un temps de travail déterminé à l'avance, quel qu'il soit.

La protection contre les défectuosités possibles des circuits de commande et de régulation est assurée par deux fusibles d'argent, intercalés dans le circuit de chauffage, et qui mettent à l'abri de tout danger les éléments chauffants. Ces fusibles sont situés dans la chambre de chauffe, et doivent intervenir à la température de 1000° C. Des lampes témoins rouges signalent leur fusion.

Les constructeurs de l'appareil se réclament pour lui des avantages suivants : Contrôle absolu de la température; frais de fonctionnement très bas; amélioration de la qualité des produits obtenus; pertes par oxydation très réduites; propreté et meilleures conditions de travail pour le personnel; encombrement minimum pour une puissance donnée.

Lorsqu'il s'agit de traiter un grand nombre d'articles semblables en faisant du travail en série, le four électrique à commande automatique est évidemment très intéressant. Celui dont il est question ici comporte à cette intention une chambre de chauffage préliminaire où le matériel, en attente d'être traité, bénéficie de l'inertie calorifique de celui qui vient de subir l'opération; on réalise ainsi une économie d'énergie sensible qui diminue les frais de fonctionnement.

Lorsque l'on compare les chauffages par four au charbon et par four électrique, il y a lieu de faire intervenir à la charge du premier : le transport du charbon, la manipulation des cendres et résidus, les réparations et l'entretien du four, l'espace occupé par le dépôt de combustible, etc.

Les frais de consommation d'un four électrique peuvent se répartir en 3 catégories :

a) Énergie consommée pour amener le four vide et froid à sa température de travail.

b) Énergie consommée pour amener la charge froide à sa température de traitement.

c) Énergie absorbée par les pertes.

a) De nombreux essais ont été faits pour déterminer l'énergie consommée par le four pour être amenée à la température de travail, et le temps nécessaire à cette opération. Les courbes relevées à cet effet, par points espacés de 15 minutes dans le temps, montrent qu'il faut compter 2 h 51 min. pour passer de 30° C. à 950° C., et une dépense totale de 148 kw-h, c'est-à-dire, 51,5 kw-h par heure. Vide, et toute alimentation coupée, le four tombe à 265° C. après 12 heures d'abandon.

Si donc cette alimentation est coupée à 5 h 30 min. du soir puis remise le lendemain matin à 5 h 30 m., les 950° C. nécessaires seront atteints à 7 h 54 min. avec une dépense de 124,5 kw-h.

Si l'on admet que chaque matin, le four, abandonné la veille au soir, est encore à 250° C., les chiffres suivants donnent la dépense d'énergie nécessaire pour l'amener à sa température de travail, pour différents matériaux.

MÉTAUX.	TEMPÉRATURE de travail. En degrés C.	TEMPS pour amener le four vide, de 250° C. à sa température de travail. En min.	ÉNERGIE nécessaire à l'élévation de température cherchée. En kw-h.
Émail vitreux et cuit	900	125	106
Fer et acier doux.	800	96	82,5
Fer pur.	780	90	77,5
Argent, nickel, nickel-argent. . . .	750	84	72
Cuivre, laiton, métaux recouverts.	650	60	51.5
Aluminium	555	37.5	32

b) L'énergie nécessaire à l'échauffement de la charge jusqu'à sa température de travail doit être ajoutée à la proportion de consommation du § *a*) fournie à chaque plaque, au cours de chaque journée. Cette énergie, exprimée en kw-h est fonction de l'élévation de tempéra-

Digitized by Google

ture de la charge, exprimée en degrés, et de la chaleur spécifique du métal qui la constitue.

La table ci-dessous donne les valeurs de cette énergie pour atteindre la température de recuit de divers métaux, compte tenu de la quantité de chaleur perdue par ouverture de la porte du four :

MÉTAUX.	TEMPÉRATURE de travail. En degrés C.	ÉNERGIE NÉCESSAIRE AU RECUIT. En kw-h.					
		1 tonne.	750 kg.	500 kg.	250 kg.	150 kg.	50 kg.
Fer et acier doux.	800	108,5	82	55	28,5	17,5	6,35
Fer pur	780	108	81,5	54,75	28	17,5	6,5
Argent.	750	50	38	26	14	9	5,5
Nickel	750	95	62	48,5	25	15,5	6
Cuivre et laiton	650	70	55,5	36	18,5	11	4
Aluminium.	555	155	111	69	36	22,5	8,5

La température de départ, pour une installation moyenne, est prise à 70° F. (21° C.).

c) De nombreux essais ont été effectués pour rechercher la quantité d'énergie nécessaire au maintien de la température à une valeur donnée.

Le four était alors amené à cette température, et l'on notait les kw-h enregistrés par le compteur d'énergie pour l'y maintenir pendant un certain temps. Les courbes relevées se résument par le tableau ci-dessous :

TEMPÉRATURE. En degrés C.	ÉNERGIE PERDUE par radiation, par heure. En kw-h.
500	7
600	9
500	11
600	13,25
700	16
800	19
900	23

Les constructeurs estiment que dans certaines conditions d'installation ces pertes par radiation peuvent être réduites de moitié.

Le prix de revient de la tonne traitée dépend de l'importance de la charge introduite dans le four. Pour de faibles charges, les pertes par radiation sont relativement plus élevées pour les fortes charges. Mais, d'autre part, le temps de traitement d'une forte charge est plus long; les pertes par radiation durent donc plus longtemps. Il existe donc une charge optimum de traitement le plus économique possible pour chaque métal; cette charge ne peut être déterminée qu'empiriquement. J. M.

La reproduction des matières contenues dans* L'Industrie électrique *sans citation de ce journal est interdite.

Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 22 novembre 1926.

Radiogoniomètres et radiophares à maximum accentué, par Léon Bouthillon.

Considérons un système A de n cadres simples, ou $n+1$ groupes d'antennes (appelé ci-dessous système A d'ordre n), remplissant les conditions suivantes :

1° Les éléments sont implantés en ligne droite, à intervalles égaux; ils sont tous dans le même plan : c'est une application du principe général des rideaux d'antennes indiqué par M. Blondel en 1902.

2° Les efficacités totales des éléments successifs (sommes des produits hauteur efficace $\times$ intensité à la base pour les diverses antennes du groupe, ou somme des produits surface $\times$ intensité des diverses spires du cadre) sont proportionnelles aux coefficients du binôme de Newton d'exposant égal au nombre d'éléments.

3° Deux éléments successifs sont déphasés de 180°.

Des systèmes semblables, mais dans lesquels les éléments successifs sont en phase, ont été étudiés par Bellini en 1914.

Des cas particuliers des systèmes A ont été décrits par Chiriex en 1923.

On démontre facilement que le diagramme d'émission ou de réception d'un système A a la forme d'un 8 de largeur d'autant plus réduite que le nombre d'éléments est plus grand. Le maximum est dans le plan du système; les zéros dans les directions perpendiculaires. Tant que l'intervalle entre éléments est petit par rapport à la longueur d'onde, la forme du diagramme est indépendante de la grandeur de cet intervalle et des dimensions des cadres ou antennes. La courbe polaire qui le représente est

$$p = p_1 \cos^n \alpha,$$

α étant l'angle de la direction considérée avec le plan du système.

Un tel système peut évidemment être utilisé comme radiogoniomètre ou comme radiophare, s'il est mobile autour d'un axe vertical. Mais l'énergie émise ou reçue peut être considérablement augmentée en utilisant des systèmes d'antennes ou de cadres *fixes* construits plus grands. (Suit le développement mathématique de la question.)

Séance du 29 novembre 1926.

Sur l'utilisation de l'énergie des eaux chaudes naturelles. Remarques au sujet de la Note de MM. G. Claude et P. Boucherot (1), par M. P. Villard.

Il existe des sources d'énergie thermique, capables d'un

(1) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 929

Digitized by Google

rendement thermodynamique environ double de celui qu'on peut obtenir avec l'eau chaude des mers tropicales, et qui offrent le grand avantage d'être situées en France, c'est-à-dire à proximité des consommateurs : je veux parler des sources thermales.

On utilise quelquefois ces eaux chaudes naturelles pour le chauffage ; on pourrait les employer à faire fonctionner des machines à vapeur, alternatives ou à turbines ; la pression disponible serait 8 à 10 fois plus grande qu'avec les eaux des mers chaudes (1), d'où des conditions moins dures en ce qui concerne le vide à réaliser dans les condenseurs, et des dimensions moindres pour les machines.

Il serait aisé de trouver sur place l'eau froide indispensable, et, dans les pays montagneux où se trouvent le plus souvent les sources thermales, la température du condenseur pourrait, en hiver, être abaissée jusqu'au voisinage de zéro, celle de la source chaude restant, au contraire, invariable. Il en résulterait un accroissement sensible du rendement et de la puissance dans la saison où la consommation augmente.

La construction des usines et l'installation des câbles ne présenteraient évidemment aucune difficulté.

Sur l'utilisation de l'énergie thermique des mers (2), par M. Georges Claude.

A la suite de la Communication que j'ai présentée dans la précédente séance en collaboration avec M. Paul Boucherot sur l'utilisation de l'énergie thermique des mers, notre confrère M. Lumière a bien voulu me faire connaître un remarquable travail de M. Tito Romagnoli paru en janvier 1925 dans l'*Elecltrotecnica*.

Dans ce travail très documenté, l'auteur étudie différents mode d'utilisation possibles de la chaleur solaire ; mais j'ai le devoir de signaler qu'il attache une toute particulière importance à des idées assez voisines des nôtres, bien qu'appliquées par des moyens différents à un cas plus restreint et plus simple, idées exprimées par MM. Marius Dornig et Boggia, de Milan.

Ces auteurs se sont proposé d'utiliser pour la production de la force motrice la différence de températures (24°-8°) qui, en été, existe entre l'eau de surface des lacs italiens et l'eau des profondeurs que refroidit, sinon le rayonnement polaire, du moins la fonte des neiges des hautes montagnes voisines. Cette utilisation serait obtenue par l'intermédiaire d'un gaz liquéfié comme l'ammoniaque.

L'étude approfondie de l'application de ce procédé aux lacs de Bolsena et de Bracciano montre que l'installation d'une puissance brute de 14 000 kw et nette de 10 000 kw nécessiterait une dépense de 18 millions de lire (3). C'est d'un ordre de grandeur comparable à ce que nous avons trouvé nous-mêmes pour de petites installations comme celles-là dans le cas plus difficile de la mer, et par notre solution de l'utilisation directe de la vapeur d'eau, qui, à côté de quelques difficultés supplémentaires, présente de grands avantages (4).

Complément à la Note précédente, par M. Georges Claude.

A la suite de la Communication ci-dessus, M. Dornig (5) a bien voulu m'écrire pour me faire savoir que c'est à l'Américain Campbell et à un très intéressant article paru en 1913 dans *Engineering News* qu'il faut faire remonter l'idée d'utiliser l'énergie thermique des mers à la production de la force motrice, en employant toutefois comme intermédiaire les gaz liquéfiés.

J'espère que la possibilité, démontrée par nous, d'employer directement la turbine à vapeur d'eau et que la perspective de corriger par le froid des eaux profondes les effets de la chaleur et de l'humidité tropicales apportent à la question des éléments d'intérêt assez puissants pour en hâter la réalisation pratique.

Sur le paramagnétisme indépendant de la température, par Mlle Paule Collet (1).

Le paramagnétisme du permanganate de potassium solide a été étudié par Ishiwara (2) de — 170° à + 20°. Il a été trouvé constant. Après correction du diamagnétisme on déduit de ces mesures le coefficient d'aimantation atomique du manganèse : $\chi_{Mn} = 64{,}4 \times 10^{-6}$.

Cette valeur se place un peu en dessus de la courbe des paramagnétismes constants dans la famille du fer, courbe qui a été signalée dans une précédente Note écrite en collaboration avec M. Pierre Weiss (3).

Ayant été amenée à reprendre, par la méthode d'attraction, les mesures relatives au permanganate de potassium, j'ai trouvé, avec des sels livrés comme produits purs, un paramagnétisme nettement plus fort que je ne l'attendais. Par cristallisations successives des sels les nombres obtenus ont diminué progressivement, jusqu'à une valeur constante quelle que soit l'origine du permanganate. Cette valeur caractérise donc le sel pur. Elle est indépendante de la température entre 15 et 150° et conduit, pour l'atome de manganèse, à

$$\chi_{Mn} = 56{,}5 \times 10^{-6}.$$

Le point correspondant se place exactement sur la courbe indiquée plus haut.

Il est plus difficile de déterminer exactement le coefficient d'aimantation du permanganate en solution à cause de sa faible solubilité et de la petitesse de son magnétisme. Le coefficient d'aimantation de la solution saturée ne diffère en effet que de 7,5 pour 100 de celui de l'eau. La méthode d'ascension n'est pas applicable à cause de l'opacité et de la grande viscosité de la solution.

Dans une première série de mesures j'ai constaté, grossièrement, que le coefficient d'aimantation du permanganate en solution, entre 17° et 100°, est indépendant de la température.

Pour obtenir la valeur absolue j'ai opéré, à la température ordinaire seulement, sur une quantité de solution aussi grande que le permettait l'appareil, en enlevant de l'entrefer le four électrique, et j'ai trouvé $\chi_{Mn} = 62 \times 10^{-6}$.

La concordance de cette valeur avec celle que donne le sel solide est aussi bonne que la difficulté des mesures sur la solution permet de l'espérer.

Le permanganate solide présente, de manière rigoureuse, un paramagnétisme indépendant de la température. Ce paramagnétisme est le même que celui du sel dissous. Par suite les premières mesures, qui avaient amené à conclure à la constance du coefficient d'aimantation pour le permanganate dissous, se trouvent confirmées avec toute la précision désirable.

Le permanganate de potassium est donc, après le bichro-

(1) Amélie-les-Bains : 63° ; Dax : 60° (à proximité de l'Adour).
(2) Séance du 22 novembre 1926.
(3) Au change de 1922.
(4) Prière de lire dans la Communication précédente, page 550 de *L'Industrie électrique*, dixième ligne, que la vapeur se détend entre 0,03 atm. et 0,01 atm., et page 550 au haut de la deuxième colonne, lire *le froid* au lieu de *l'eau froide*.
(5) M. Boggia a également écrit à la Rédaction de *L'Industrie Électrique*, pour rappeler que son procédé a été signalé dans le n° 728, du 25 mars 1923, page 103. Nous nous empressons de « rendre à César ce qui est dû à César ». N. D. L. R.

(1) Séance du 22 novembre 1926.
(2) *Science Reports, Tokio*, 5, 1914, p. 565.
(3) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 2146, courbe 2.

Digitized by Google

mate de potassium (1) et le chlorure lutéocobaltique (2), un troisième exemple de substance dissoute à paramagnétisme constant. Ces substances sont particulièrement intéressantes à cause de la difficulté d'interprétation qu'elles soulèvent (3) : tous les postulats qui conduisent à la loi de Curie paraissant satisfaits, elles sont en contradiction avec cette loi.

Séance du 6 décembre 1926.

Utilisation industrielle de l'énergie d'un liquide chaud dans une turbine à vapeur (4), par M. Jean Rey.

Je désirerais rappeler qu'une installation industrielle, basée sur le même principe physique que celui invoqué par M. G. Claude (5) a été réalisée en France en 1904.

Le 9 mars 1904, le Directeur des Usines de Dombasles-sur-Meurthe demandait à la Maison Sautter-Harlé s'il ne serait pas possible d'utiliser l'énergie calorifique d'un liquide salin chaud, sortant d'appareils installés dans cette usine, à une température d'environ 116°, pour produire de la vapeur à utiliser dans une turbine. La température d'ébullition de ce liquide, qui renfermait une proportion importante de sels, était de 102°, sous la pression de 740 mm de mercure. La Maison Sautter-Harlé dressa un projet d'installation qui permettait d'obtenir, avec le volume de liquide disponible, une puissance de 500 à 400 kw suivant le degré de vide du condenseur. L'appareil fut construit dans le cours de l'année 1904, et essayé dès le début de 1905.

Le liquide chaud, d'un débit de 220 m³ à l'heure, se rendait par gravité, dans un bouillisseur où il se mettait en ébullition sous la pression absolue de 0,65 kg. On produisait ainsi 9800 kg de vapeur à l'heure, l'évacuation du liquide s'effectuant sans dépense d'énergie à l'aide d'un tube barométrique. La vapeur détendue dans le turbo-alternateur produisait en moyenne une puissance de 360 kw, et elle aboutissait à un condensateur à mélange, à la pression moyenne de 0,08 kg, l'énergie consommée pour le fonctionnement de la pompe à air et de la pompe à eau étant de 46 kw. D'après ces chiffres, on voit que le rendement propre du turbo-alternateur, défalcation du travail nécessité par la condensation, était de 58 pour 100, et le rendement thermodynamique, compté sur le poids total de l'eau chaude employée, de 34,5 pour 100.

Cette installation a fonctionné environ une année; mais on s'est heurté à une difficulté qu'il était impossible de résoudre à cette époque, la vapeur provenant d'un liquide chargé de sels détruisant rapidement les aubages de la turbine et les disques eux-mêmes, ce qui aurait obligé à des remplacements fréquents et beaucoup trop onéreux. Les progrès de la métallurgie, par la création de métaux inoxydables, permettraient de tenter maintenant la même application avec des chances plus sérieuses de succès.

La solution du problème posé avec tant d'ingéniosité par MM. Claude et Boucherot présente, semble-t-il, des difficultés plus considérables.

Sur les variations des propriétés optiques du quartz piézo-électrique soumis à des courants de haute fréquence, par M. Edgard Pierre Tawil.

Une lame découpée dans un cristal de quartz de façon que deux de ses faces soient normales à un axe électrique et deux autres normales à l'axe optique se dilate ou se contracte lorsqu'on établit une différence de potentiel positive ou négative entre les deux faces normales à l'axe électrique revêtues d'armatures (1). Si la différence de potentiel appliquée aux armatures est alternative, et la fréquence égale à l'une des fréquences fondamentales de la lame ou l'un des harmoniques, celle-ci vibrera en résonance se dilatant et se raccourcissant à la fréquence d'excitation (2).

Examinée en lumière polarisée, une telle lame présente des phénomènes optiques que je décrirai ici sommairement : une lame de quartz, taillée comme il vient d'être dit, est disposée entre deux nicols croisés de telle façon que la lumière polarisée la traverse suivant son épaisseur, et que les plans principaux soient à 45° de son axe optique. Cette lame est munie d'armatures constituées, par exemple, par deux cuves en verre contenant un liquide conducteur. Ces armatures sont reliées à un circuit oscillant comportant un condensateur variable de réglage très précis, Un compensateur de Bravais, ou plus simplement une seconde lame de quartz est croisée avec la première de façon que l'ensemble se comporte comme une lame isotrope. Avec une source de lumière blanche, on obtient une extinction satisfaisante à la sortie de l'analyseur.

On règle approximativement la fréquence du circuit sur la fréquence fondamentale des vibrations transversales de la lame; on s'assure que le champ de vision est pratiquement obscur. On agit alors d'une façon continue et lente sur le condensateur de l'oscillateur pour atteindre la fréquence désirée. Au voisinage de celle-ci, le cristal commence à vibrer faiblement, et l'on constate une apparition de lumière à l'analyseur. L'intensité de cette lumière, qui augmente progressivement, est maxima lorsque la lame est en résonance. Au delà d'une position, limite du condensateur, la lumière s'éteint, et la lame cesse de vibrer.

L'intensité maxima de la lumière est équivalente à une rotation de l'analyseur d'une dizaine de degrés. Cette valeur doit pouvoir être dépassée. En effet l'ordre de grandeur du phénomène est fonction de divers facteurs tels que potentiel excitateur, amortissement, qualité du quartz, présision apportée dans la taille, etc. La tension limite n'est fixée que par la dilation critique de la lame qui vole en éclats pour une différence de potentiel trop élevée.

La lame examinée au moyen d'un système grossissant offre, quand elle vibre, l'aspect d'une plage uniformément éclairée, sauf les bords extrêmes qui demeurent sombres. Examinée dans les mêmes conditions, mais suivant sa longueur, la lame présente le même phénomène.

Ce phénomène n'est pas dû à une variation d'épaisseur. On s'en rend compte en considérant qu'une lame onde de quartz a environ 55 μ d'épaisseur et que celle qui a servi aux expériences ne mesure que 0,67 mm. Röntgen a établi que la double réfraction augmentait ou diminuait quand on modifiait la polarisation naturelle du quarts (3).

Modifions à présent la fréquence d'excitation et passons sur divers harmoniques. Nous constaterons à chaque fois une apparition de lumière dont l'intensité sera plus ou moins forte, mais en même temps des dessins se forment sur la lame : arabesques noires sur fond lumineux. Ces dessins très variés et très nombreux changent avec la fréquence. Parfois irréguliers et offrant l'aspect enchevêtré d'un puzzle, la plupart d'entre eux forment des figures géométriques bien caractérisées qui se retrouvent toujours les mêmes pour une fréquence déterminée, toutes conditions égales. Lignes droites, verticales, horizontales ou inclinées, lignes ondulées, bâtonnets, grecques, quadrillages, etc., ces figures présentent sous

(1) *Loc. cit.*
(2) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 1057.
(3) P. Weiss, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 105.
(4) Séance du 29 novembre 1926.
(5) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 924.

(1) P. et J. Curie. *Comptes rendus*, 95, 1882, p. 914.
(2) W. G. Cady, *Proc. Inst. Radio Engrs* 10, 1922, p. 83.
(3) Cf. W.-C. Röntgen, *Wied. Ann.*, 18, 1883, p. 213 et 554.

Digitized by Google

une forme encore plus complexe une analogie évidente avec celles que l'on observe sur les plaques vibrantes.

J'ai ensuite examiné la lame non compensée dans les mêmes conditions avec cette différence que le faisceau polarisé la traversait suivant l'axe optique. Au repos, la lame présentait une couleur uniforme sur toute sa surface, mais dès qu'elle était mise en résonance, un changement de couleur apparaissait en teintes dégradées soit au centre de la lame, soit dans des positions symétriques suivant son mode de vibration. Ces changements de coloration semblent dus à la superposition d'une biréfringence accidentelle au phénomène de polarisation rotatoire, biréfringence due à la compression aux nœuds de vibration de la lame.

Cette étude est très sommaire et incomplète. En la poursuivant je chercherai à établir l'ordre de grandeur des phénomènes, la durée de leur établissement et de leur disparition.

J'envisage déjà l'application de ce phénomène à la création d'oscillographes, de modulateurs de lumière pour la téléphotographie et télévision. Il y a lieu de noter que le dispositif qui vient d'être décrit permet d'observer directement dans des conditions particulièrement commodes les variations de pressions qui s'exercent sur des cristaux de quartz piézoélectriques taillés sous forme de parallélépipèdes, cubes, disques, etc.

Étude des radiations monochromatiques du cadmium dans les lampes Michelson et Hamy en vue de leurs applications métrologiques, par M. Albert Pérard.

Les lampes expérimentées dans ces recherches furent la lampe Michelson, à électrodes d'aluminium et la lampe Hamy, sans électrodes, telles qu'elles sont décrites par leurs auteurs (1). Ces lampes renfermées dans des étuves électriques munies de fenêtres permettant de recevoir la lumière « en bout » du tube axial, étaient excitées par un courant alternatif de 1000 à 3000 v, 50 per : sec, avec interposition d'une résistance liquide, réglable entre 60 et 1200 milliers d'ohms.

Pour parer à la courte durée de fonctionnement habituelle des lampes Michelson, celles-ci étaient reliées à une pompe à mercure ancienne, du type Alvergniat à soupape, munie d'un dispositif spécial composé d'un réservoir dont le volume était réglé par un niveau de mercure, et d'une jauge de Mac Leod.

J'ai tout d'abord recherché les conditions de visibilité les plus favorables pour la raie rouge de la lampe Michelson (étalon fondamental des longueurs d'onde lumineuses), à la différence de marche de 200 mm; j'ai trouvé qu'elles étaient voisines des suivantes : température 320°, pression 1 mm, intensité du courant 2 à 3 milliampères, avec de larges limites de tolérance. La tension aux bornes, mesurée à l'électromètre, est alors de l'ordre de 400 v.

Les lampes Hamy, pendant leur fonctionnement, restaient à une température comprise entre les limites prescrites, 295° à 300°; l'intensité du courant était maintenue à 3 ou 4-milliampères. Les conditions expérimentales ne m'avaient pas permis de les relier, comme les lampes Michelson, à un dispositif régulateur de vide. Au cours de leur formation, elles avaient été soigneusement purgées d'air par un séjour d'une demi-heure sous le vide, à une température allant de 350° à 450°.

Malgré cette précaution, une certaine pression résiduelle se manifestait au début du fonctionnement, et la tension aux bornes était seulement de 700 à 900 v. Après un temps, d'ailleurs variable d'une ampoule à l'autre, cette tension s'élevait assez rapidement jusqu'au-dessus de 1500 v. A partir de ce moment, les lampes Hamy, faites d'un verre de fabrication ancienne, se sont établies à un régime stable sous la tension de 1750 v, et ont fourni un très long service. D'autres lampes ont présenté des anomalies qui seront étudiées ultérieurement et provenant vraisemblablement de la résistivité insuffisante du verre, de composition nouvelle, employé pour leur construction.

L'étude détaillée des radiations les mieux monochromatiques de ces deux sortes de lampes a consisté en un très grand nombre de comparaisons de longueurs d'ondes, exécutées au moyen de l'interféromètre Michelson, à toutes différences de marche entre 0 et 202 mm.

Dans le régime initial à basse tension, l'émission lumineuse des lampes Hamy est l'émission normale des lampes Michelson ; même spectre, même visibilité d'interférences. Le spectre spécial à la lampe Hamy prend naissance et s'accentue peu à peu tandis que la tension s'élève. Mais alors se produit aussi un phénomène sur lequel il convient d'attirer l'attention : le renversement de la raie rouge ; celle-ci apparaît séparée en deux composantes, d'intensités égales, à un intervalle de 0,0012 mμ. Ce renversement a été nettement vérifié sur les lampes avec étranglement ; les tubes sans étranglement, conseillés par M. Hamy, n'ont pas encore été essayés. Je suis arrivé à obtenir le même phénomène sur une lampe Michelson, dont le vide était constamment entretenu par la pompe; à mesure que la pression a baissé, la tension s'élevant, le spectre s'est tranformé en celui de la lampe Hamy, et au-dessous de 1/10 de millimètre de pression, j'ai pu observer, à 240 mm de différence de marche, un dédoublement net, un peu moins accentué que dans la lampe Hamy. D'ailleurs, quelles que soient les conditions de l'émission, la longueur d'onde résultante reste sensiblement la même (élargissement ou renversement symétriques sans déplacement appréciable); et, au-dessous d'une différence de marche de 140 mm, il semble impossible de déceler le dédoublement ; c'est là sans doute ce qui a conduit certains expérimentateurs récents à écrire que la raie rouge de la lampe Hamy est « la même que celle de la lampe Michelson jusqu'à la limite d'interférence ».

Lampe Michelson, raie 508,6. — A toutes différences de marche, l'ordre d'interférence observé ne diffère pas de plus de 0,05 de l'ordre calculé en admettant la valeur 508,582 20 mμ indiquée autrefois par Michelson. Toutefois, à différence de marche croissante, une très légère oscillation, autour de cette longueur d'onde, met en évidence le satellite connu, à — 0,0025 mμ, de la radiation principale, avec une amplitude relative de 0,19 (intensité 0,04).

Lampe Hamy, raie 508,6. — Jusqu'à 60 mm, les phénomènes d'interférence observés sont peu différents (écart — 0,07 au maximum) de ceux que donnerait la raie simple 508,582 20 mμ. Au delà, les écarts sont trop forts pour qu'il soit possible d'utiliser cette raie en métrologie.

Lampe Hamy raie 515,5. — La longueur d'onde donnée par M. Hamy, 515,465 89 mμ, s'est trouvée exactement confirmée jusqu'aux plus grandes différences de marche ; cette raie n'est pas renversée comme la raie rouge.

Lampe Hamy raie 466,2. — La longueur d'onde 466,255 13 mμ est aussi confirmée mais avec une précision peu élevée en raison de la faible sensibilité de l'œil à cette région du spectre.

(1) Michelson, *Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures*, 11, 1894, p. 34. — Hamy, *Revue d'Optique théorique et instrumentale*, 3, 1924, p. 488.

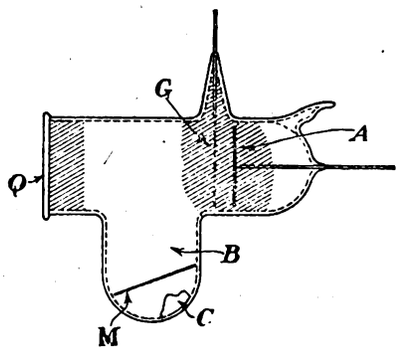
Digitized by Google

REVUE DE LA PRESSE

ÉLECTROTHERMIE

Cellule photo-électrique au cadmium. (*The Electrician*, 3 septembre 1926.) — Le rendement de la cellule au cadmium mise au point par MM. Griffith et Taylor pour la mesure de l'intensité des radiations ultra-violettes dépend de l'importance de cette radiation sous l'effet photo-électrique. Cet effet dit « photo-électrique » est une propriété particulière de certaines matières qui leur permet d'émettre des électrons sous l'influence d'une radiation venant de l'extérieur, l'intensité de cette émission restant proportionnelle à la cause.

Si un de ces corps est chargé d'électricité négative, puis exposé à la lumière, il perd sa charge, selon un régime réglé par l'intensité du rayon lumineux qui le touche. Chargé d'électricité positive et exposé de la même façon, il conserve sa charge. Tous les corps mettent en évidence l'effet photo-électrique si la longueur d'onde de la radiation à laquelle ils sont soumis est suffisamment courte; par contre, ils restent tous



parfaitement insensibles si cette longueur d'onde est limitée à celle des rayons lumineux même voisins de l'ultra-violet.

Pour le dosage des rayons ultra-violets aux intéressantes applications de thérapeutique, il est essentiel de choisir un corps sensible surtout à la lumière dont la longueur d'onde engendre des effets thérapeutiques. Le cadmium abrité derrière un verre de quartz remplit cette condition, sa sensibilité étant nulle pour les longueurs d'onde lumineuses supérieures à 350 $\mu\mu$, tandis que l'écran de quartz absorbe toutes les radiations inférieures à 200 $\mu\mu$. Le maximum de sensibilité est situé autour de 300 $\mu\mu$ qui est justement la région la plus intéressante ou point de vue biologie.

La constitution d'une de ces cellules est indiquée par la figure ci-jointe. Une partie de l'ampoule est recouverte d'une couche métallique de cadmium obtenue par distillation d'une pastille visible en C. En cours de distillation, l'écran de quartz φ est protégé par une glace de microscope M afin de ne pas être obstrué par un dépôt de métal. La cellule étant préparée (avec un vide très poussé) la pastille et la glace protectrice tombent dans la partie inférieure B de l'ampoule, où ils ne jouent plus aucun rôle dans le fonctionnement de l'ensemble, la cellule étant remplie de gaz inerte à basse pression. La plaque A est l'électrode photo-électrique, et G l'électrode réceptrice des électrons libérés par A. L'ampleur des pertes de charge est mesurée par la méthode habituelle de l'électroscope.

L'intervalle de temps entre charge et décharge est proportionnel à l'intensité de la radiation ultra-violette tombant sur la cellule. Cette intensité dépend, par conséquent, des caractéristiques de la lampe, de sa distance à la cellule, ainsi que de la surface de l'écran de quartz qui peut être modifiée à volonté par un jeu de diaphragmes appropriés.

L'électroscope utilisé avec cette cellule est du type à feuilles montées sur un plateau de base en cuivre. L'unique feuille d'aluminium est montée sur une tige centrale en laiton, isolée de la cage métallique extérieure, par raccords au soufre et bornes de raccordement sur ébonite.

L'ensemble est renfermé dans une cage de cuivre cylindrique de 8 cm de diamètre dont les extrémités sont fermées par des disques de verre. La face inférieure de l'un de ces disques est argentée sur la moitié de sa surface de façon qu'en observant la feuille à travers un oculaire convenable, on obtienne une lecture sans parallaxe, la feuille étant vue au-dessus de l'image de 2 lignes.

L'ampoule comporte en outre une petite chambre de déshydratation contenant du carbure de calcium ou un autre corps de propriétés analogues. J. M.

INSTALLATIONS

La cloche horaire électrique de la Tour Saint-Stéphane à Vienne. — La ville de Vienne possède, à l'église Saint-Stéphane, une cloche horaire qui est probablement parmi les plus anciennes de l'Europe : elle remonte en effet au commencement du xv^{e} siècle (1417); elle était primitivement actionnée, de quart d'heure en quart d'heure, par le sonneur de cloches de l'église; mais, dès le milieu du xvi^{e} siècle, elle fut remplacée par une cloche à mécanisme sonnant automatiquement les heures, les demi-heures et les quarts; vers la fin du xvii^{e} siècle, deux cadrans indicateurs avaient été placés; ils subsistèrent jusqu'en 1850, époque à laquelle on les enleva parce que leur style ne s'harmonisait pas avec celui de la construction; le mécanisme fut enlevé en même temps, si bien que l'on dut recommencer à sonner les heures à la main; de nouveaux cadrans, avec un mécanisme, furent installés en 1862, mais on les plaça sur le corps principal de l'église, de telle sorte que la cloche resta dépourvue de mécanisme et dut continuer d'être actionnée à la main : on vient de la transformer en la munissant d'un appareil de commande électrique, fonctionnant de façon entièrement automatique (1).

L'installation de commande se compose d'une horloge maîtresse, de précision, à remontage électrique, actionnant un distributeur électrique sous l'effet duquel des impulsions de courant sont envoyées, de minute en minute, vers les horloges réceptrices et le mécanisme proprement dit; il y a, notamment, deux horloges réceptrices, placées de part et d'autre de l'horloge maîtresse et munies d'un dispositif de sonnerie; quant au mécanisme de commande proprement dit il est établi d'après le schéma ci-contre et comprend une minuterie B, actionnée de minute en minute par le courant de l'horloge maîtresse A.

Cette minuterie agit sur un disque à encoche *a*, qui, d'heure en heure, établit le contact *b*, ferme le circuit de l'électro-aimant *e* et provoque ainsi la fermeture du contact *c*; ceci envoie du courant dans le relais *f*, et détermine la mise en marche du moteur; le moteur actionné, par l'intermédiaire d'une transmission à vis, un excentrique qui soulève le marteau, de la façon que l'on peut voir sur le croquis, puis le laisse retomber sur la cloche.

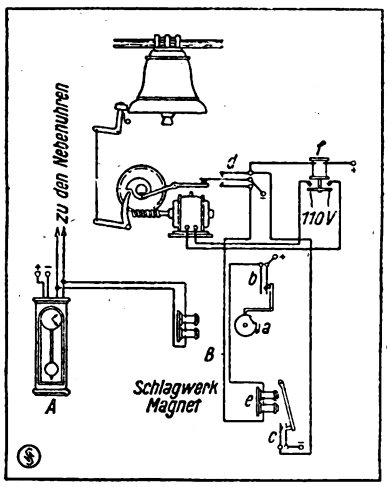
Un deuxième appareil, entièrement semblable au premier, sert, pareillement, pour sonner les quarts d'heure; pour les deux mécanismes, le nombre de coups à frapper est déterminé par l'horloge maîtresse; lorsque l'excentrique a accompli un tour complet, le contact *d* libère le mécanisme de commande et le remet en état pour recevoir une nouvelle impulsion et

(1) Leopoldsberger. « Das elektrische Schlagwerk am Stephansturm, in Wien », *siemens Zeitschrift*, octobre 1926.

Digitized by Google

répéter le coup de marteau sur la cloche, autant de fois que l'horloge maîtresse le provoque.

On considère ce système de sonnerie électrique comme un gros progrès sur la commande mécanique ordinaire : il permet de placer l'appareil de commande dans la position la plus favorable et la plus voisine possible de la cloche ; il laisse au contraire les appareils de commande là où il est le plus com-



mode de les mettre pour les soustraire à la poussière, aux intempéries, etc., d'autre part, il est avantageux même en cas de dérangement : une fois le défaut levé, le mécanisme se remet en marche et sonne les heures exactes immédiatement, sans qu'il faille se livrer à la remise à l'heure pénible et laborieuse qui est nécessaire avec un appareil mécanique ordinaire. H. M.

Electrification du Caucase. (*The Electrical Review*, 17 septembre 1926.) — On étudie actuellement un grand projet d'électrification du Caucase septentrional qui serait à exécuter dans les 5 années à venir.

D'après le rapport présenté par la Commission générale des travaux électriques russes, ce projet comprendrait la construction des 5 stations centrales régionales (Shaktinska, Mineralovodska, sur la rivière Beloi, Novorossinska et Grosny) d'une capacité totale d'utilisation de 147 000 kw ; 2 stations locales (Konstantinovska et Gizeldon), d'une capacité d'utilisation de 11 500 kw et plusieurs stations rurales de chacune 5000 kw environ, formant ensemble 12 kw. A l'expiration de ces travaux (5 ans, probablement) on envisage de construire une centrale de 60 000 kw à Kuban.

La dépense totale présumée, non compris les travaux de Kuban, est de 70 200 000 roubles, à laquelle l'État participerait pour 41 000 000 roubles, le solde étant fourni par les localités directement intéressées à ces aménagements. J. M.

Câbles de transmission d'énergie électrique sous-marins de grande longueur. (*The Electrical Review*, 8 octobre 1926.) — D'une information de New-York, on apprend que 3 câbles sous-marins pour 23 000 v ont été posés dans le Mississippi entre l'installation de Cahokia de l'Union Electric Light and Power Company, et la rive ouest du fleuve. Cette installation serait un record en longueur, dimensions et poids, de câble sous plomb à haute tension avec armature pour immersion. Les câbles, fabriqués par la Standard Underground Cable Company, mesurent 8000 m, pèsent plus de 27 t, avec un diamètre moyen de 1,12 m. Leur pose fut effectuée avec des dévidoirs métalliques, spécialement construits à cet effet, pesant chacun 5 t. Le plus long câble de ce genre posé jusqu'à ce jour ne dépassait pas 4000 m ; 21 câbles de ce genre avaient été posés à cet endroit, et comportaient nécessairement chacun une épissure en leur milieu, c'est-à-dire en pleine eau. La compagnie se propose de poser 24 câbles supplémentaires, semblables aux 3 nouveaux, au cours des 3 prochaines années. On comptera donc un total de 48 câbles sous-marins, à la traversée de Cahokia. J. M.

Un convertisseur de 4000 kw commandé à distance. (*The Electrical Review*, 20 août 1926.) — D'après l'*Electric Traction*, une des sous-stations de la New-York Rapid Transit Corporation viendrait d'être dotée du plus gros convertisseur à commande automatique qui ait jamais été installé. Cette machine, de 4000 kw, 575 v, enroulement dérivation est alimentée par un transformateur triphasé de 42 000 kv-a, sous 11 000 v à 25 per : sec.

Les enroulements haute tension de ce transformateur sont reliés en étoile pour le démarrage du convertisseur et en triangle pour la pleine marche, la commutation étant effectuée par un interrupteur spécial. La machine est mise en route d'une station centrale voisine par l'intermédiaire de relais dont les actions sont contrôlées par un dispositif de supervision. L'énergie est répartie de la même façon dans les 13 feeders qui y aboutissent. La puissance fournie par la machine est obtenue, à distance, soit en totalité, soit individuellement pour chaque feeder alimenté.

Tout le contrôle à distance est assuré par une ligne à 5 fils reliant la machine à la station centrale voisine. 4 de ces fils servent à la commande du convertisseur, et le 5e aux différentes lectures intéressant son débit. J. M.

Le « règlement du paratonnerre » dans l'Ontario. — En 1922, le gouvernement de l'Ontario Canadien a édicté un règlement aux termes duquel personne ne peut vendre du matériel destiné à l'installation de paratonnerres ou se charger de pareille installation sans y être dûment autorisé par le service compétent (le service de la protection contre le feu).

Les installations doivent en outre fournir à l'administration un plan détaillé de toute installation exécutée par leurs soins et toutes les installations sont soumises à un contrôle régulier, fréquent, par les soins du personnel du service en cause.

Cette réglementation a produit une grande amélioration dans les installations de paratonnerres et les résultats s'en sont fait sentir de façon très heureuse, car les accidents dus à la foudre ont diminué dans une notable proportion.

Un rapport statistique, récemment publié à ce sujet, est intéressant ; on y constate non seulement le bon effet d'une protection bien exécutée, mais en outre on y peut puiser quelques observations dignes de retenir l'attention.

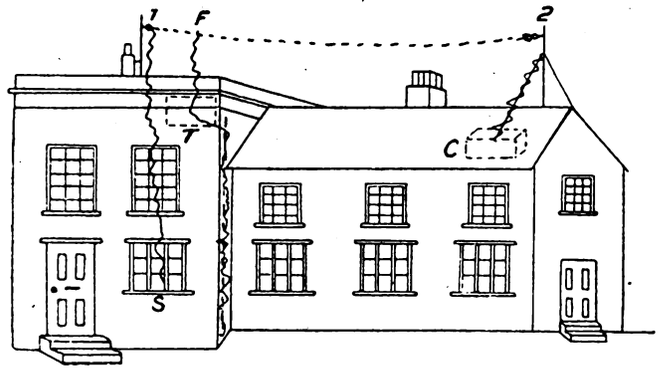
Des accidents ont notamment été causés par des câbles métalliques servant à suspendre la lessive ; un câble était étendu entre un arbre et un mur ; l'arbre fut frappé par la foudre ; celle-ci se propagea jusqu'au mur et l'endommagea ; dans un autre cas, la foudre frappant un câble attaché à une habitation en bois tua une femme couchée dans son lit et frappa le mari de paralysie.

Le rapport fait aussi allusion aux antennes et mâts d'antenne et signale que ces dispositifs peuvent détruire l'effet du paratonnerre, surtout s'ils sont placés plus haut que celui-ci ; il souligne qu'il y a danger à placer une antenne entre un arbre et un bâtiment si l'on ne monte pas sur l'antenne un interrupteur assurant une coupure de 10 cm au moins sur les appareils et mettant l'antenne à la terre en cas d'orage.

Il appelle l'attention du public sur l'assertion erronée qu'ont donnée beaucoup de revues de T.S.F. « qu'une antenne constitue une bonne protection contre la foudre lorsqu'il s'y trouve un parafoudre » ; le parafoudre supprime soi-disant la foudre sur les appareils récepteurs, mais nullement du bâtiment.

Digitized by Google

Un exemple cité dans le rapport est à mentionner spécialement; c'est le cas d'une ferme située à Brampton, dans l'Ontario, sur la toiture de laquelle on avait placé une antenne



horizontale, entre deux mâts : 1, fixé à la cheminée et 2, comme le montre la figure ci-dessus.

La foudre frappa l'antenne et, de celle-ci, passa à la terre par trois voies : 1° un des haubans du mât 2, un réservoir C et la conduite d'alimentation de celui-ci ; 2° directement d'un point F à un deuxième réservoir T et la conduite de décharge de ce dernier ; enfin 3° le fil de liaison de l'antenne vers l'appareil récepteur, par le parafoudre (qui ne fut pas endommagé) et le poste (qui fut entièrement détruit).

Le courant le long des conduites d'eau mit le feu à des copeaux qui se trouvaient autour des tuyauteries et des réservoirs : il en résulta un incendie qui détruisit le bâtiment à peu près complètement (1). H. M.

La station d'interrupteur à l'air libre de Gresten (Autriche). — La ville de Vienne est alimentée en énergie électrique par trois grandes stations principales, l'usine de Gamehy, celle d'Opponitz et celle de Cartenstein.

Les trois lignes de transmission venant de ces usines se réunissent à la sous-station de Gresten, où l'on a établi un matériel d'appareils de manœuvre à l'air libre, qui peut être considéré comme l'un des plus importants parmi ceux actuellement existant en Europe.

Cette installation comprend huit sections : une pour chacune des trois lignes à l'arrivée, deux pour les lignes allant vers Vienne, deux de réserve et une huitième pour les manœuvres de couplage ; la charpente ne pèse pas moins de 38 tonnes et pour les fondations de cette charpente des interrupteurs il a fallu 186 m³ de béton.

Il ne sera pas sans intérêt de signaler que le poste est établi dans une région dont le climat est loin d'être clément ; les hivers y sont très rigoureux et dès la première année, le poste a subi des neiges abondantes ; mais il y a parfaitement et victorieusement résisté. H. M.

Les installations électriques de la ville de Vienne. — Les installations électriques de la ville de Vienne ont bénéficié d'accroissements considérables au cours des dernières années.

Les usines municipales à vapeur comportent actuellement 98 chaudières, avec une surface de chauffe de 38 432 m² et une puissance totale de 149 000 kw, et les usines hydrauliques ont une puissance de 21 500 kw.

En 1925, le nombre des gros transformateurs des sous-stations est passé de 6 à 13, et leur capacité, de 62 660 à 116 700 kv-a ; celui des transformateurs des centrales est passé dans le même temps, de 19 à 25 ; puissance : de 121 100 à 134 100 kv-a ; quatre nouveaux convertisseurs ont été acquis, représentant une augmentation de puissance de 7500 kw ; le nombre de groupes de l'espèce aujourd'hui en service est de 78, représentant une puissance totale de 68 700 kw.

Il y a aussi des stations de redresseurs à vapeur de mercure : leur puissanse était, en 1924, de 840 kw ; elle est passée à 10 025 ; le développement du réseau des canalisations est passé de 6192 à 6680 km (dont 720 km de lignes aériennes).

Le nombre d'installations raccordées au réseau municipal s'élève à 451 612, capacité 496 112 kw ; production annuelle, pour le dernier exercice, 416 660 000 kw-h, contre 372 475 000 pour l'année précédente.

Tous ces chiffres ne concernent que les usines de la ville même ; mais en plus de cela, il y a des installations exploitées par l'initiative privée. H. M.

(1) Killingworth Hedges, d'après le rapport de M. G. F. Lewes, *The Electrical Review* (Londres), 17 septembre 1926, p. 450.

T. S. F.

Transmissions radiotéléphoniques sur fil, en Hollande. (*The Electrical Review*, 19 novembre 1926.) Le service de radiodiffusion par lignes et appareils téléphoniques normaux, qui a été récemment inauguré par l'administration municipale téléphonique de la Haye, a déjà donné pleine satisfaction à quelques 200 abonnés. Plusieurs milliers de demandes ont été reçues, auxquelles il sera donné suite, en raccordant les intéressés le plus vite posible au central de répartition. Les seules perturbations qui gênent les auditeurs proviennent de l'influence des lignes de tramways voisines. Mais elles ne sont pas importantes. L'accord total n'est pas encore fait avec les exploitants de la station émettrice. Mais il est probable que des statuts définitifs réglant l'installation des récepteurs seront établis après la réunion de décembre du bureau du conseil international de radiodiffusion, de Genève.

Du point de vue juridique, l'administration des Téléphones de la Haye n'est attaquable d'aucune façon ; mais l'administration des Postes et Télégraphes envisage d'étendre cette nouvelle application aux lignes téléphoniques du Gouvernement.

Chaque abonné de ce genre se voit ajouter à son poste téléphonique normal, une petite ébénisterie à laquelle il raccorde, à volonté, un casque d'écoute, ou un haut-parleur.

Par ailleurs, l'Administration des postes et télégraphes annonce que la décision est définitivement prise, d'installer une nouvelle station d'émission à Scheveningen, qui sera prête à entrer en service au début de l'année 1927. L'énergie mise en jeu et la profondeur de modulation choisies seront juste suffisantes pour en permettre une réception claire dans tout le pays avec un poste récepteur à 1 lampe suivi d'un haut-parleur. La longueur d'onde porteuse sera de 1950 m. J. M.

Une nouvelle station de radiodiffusion au Pérou. (*The Electrical Review*, 19 novembre 1926.) — Une nouvelle station de radiodiffusion a été ouverte à Arequipa (57 000 habitants), capitale de la province du même nom, dont la population est de 500 000 habitants. Son indicatif de travail est « O A O Lima » et sa longueur d'onde porteuse de 275 mètres. Une concession a été accordée à M. Louis Ansiaux pour l'installation d'une autre station, plus puissante, qui travaillera conjointement avec celle-ci. J. M.

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

91 089. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris. — 1927.

Digitized by Google

36e Année. — N° 830. 25 Janvier 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTEUR EN CHEF
ALFRED SOULIER
Le 2e vendredi de chaque mois de 15 h. à 16 h.

ABONNEMENTS
Paris et Départements : 30 francs par an.
Union postale : 40 francs par an.

ADMINISTRATION
9, rue de Fleurus, 9. — (Paris VIe)
TÉLÉPHONE
Ségur 04-23 et Ségur 04-44.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction au Rédacteur en Chef, 9, rue de Fleurus.

Pour toute demande de numéros de L'Industrie Électrique *on est prié de joindre, à la demande, le montant de l'envoi, en timbres-poste ou en mandat postal.*

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — La suppression des vibrations acoustiques dues aux machines tournantes. — Un nouvel isolant allemand. — Construction de locomotives électriques avec moteurs Diesel en Russie. — Les cellules au Sélénium. — Un treuil de grande puissance pour cages de mines. — Un détonateur électrique. — Moteur Diesel de grande puissance. — Puissants turbo-générateurs à 3000 tours par minute. — L'électrification des mines de soufre en Sicile. — Une superstation de radiodiffusion en Russie. — Téléphonie transatlantique. — Le nombre des stations de radiodiffusion au Canada. — Projet hydro-électrique Russe sur la Dnieper. 25

LES MACHINES D'EXTRACTION A COMMANDE ÉLECTRIQUE (*suite*). **P. Fournier**. 29

L'ÉTAT ACTUEL DES SERVICES PUBLICS AUX ÉTATS-UNIS. **L. J.** . . . 33

LA GALVANOPLASTIE SUR LE FER ET L'ACIER. **J. M.** 35

TÉLÉRUPTEURS POUR RÉSEAUX A 380 VOLTS. **M. N.** 37

LES PROGRÈS DE L'ÉLECTRICITÉ EN AGRICULTURE. **A. Z.** 39

COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES. — Prix décernés en 1926. — Valeur du potentiel à l'intérieur d'un faisceau d'électrons en mouvement, par **Pierre Bricout.** — Sur la tension superficielle des liquides isolants soumis au champ électrique, par MM. **G. Bruhat** et **M. Pauthenier.** — Sur le mécanisme de l'interrupteur électrolytique, par M. **G. Colange**. 42

REVUE DE LA PRESSE. — *Mesures et Essais :* Essais des câbles par courant continu à haute tension. — Sur la mesure des grandes résistances électriques. — *Eclairage* : Sur l'analyse des lampes électriques. — *Installations* : La mise à la terre des objets métalliques. — Électrification de chemins de fer au Danemark et en Hongrie 45

INFORMATIONS

La suppression des vibrations acoustiques dues aux machines tournantes. (*The Electrical Review*, 26 novembre 1926.) — Il arrive fréquemment qu'un emplacement de station centrale génératrice qui conviendrait aux conditions géographiques générales du réseau présente des inconvénients quant aux habitations voisines. Les bruits provoqués par les machines tournantes et les transformateurs peuvent, en effet, gêner les habitants de la région immédiate et donner lieu à des litiges entre ceux-ci et la compagnie, propriétaire de la station. A ce point de vue, la sous-station récemment construite par l'association des entreprises électriques de Hull, présente un intérêt certain. Cette station comporte 2 convertisseurs rotatifs: aucune vibration acoustique ne traverse les murs du bâtiment qui les abrite. Ils sont situés au cœur d'un centre d'habitations; la maison la plus proche n'en est qu'à 15 m. On avait prévu, dès l'origine de l'entreprise, que les bruits de marche des 2 convertisseurs de 200 kw pourraient entraîner des ennuis, aussi, a-t-il été décidé de faire une installation spéciale, à étanchéité acoustique.

L'aspect extérieur des bâtiments ne diffère en rien de celui d'une installation normale. Les recherches des spécialistes ont surtout porté sur le mode de construction des fondations de machines, des murs, et des portes.

Partant du principe que toutes les vibrations mécaniques, et aussi une grande part des bruits acoustiques sont transmis par les fondations recevant les machines, celles-ci ont été constituées par des plaques de liège spécial, dit « Coresil », dont le facteur d'amortissement aux vibrations est très élevé.

La transmission, à l'extérieur, des oscillations acoustiques transmises à l'air ambiant, par les machines, est évitée par une construction spéciale des murs, des portes, et du plafond, qui a la propriété de retenir tous les sons à l'intérieur du bâtiment.

Le filtrage des sons émis par l'air de ventilation était un problème important; cette ventilation devait être faite par un courant de 56 m³ d'air par seconde, passant à travers les machines et devant être évacué à l'extérieur des bâtiments. On atteignit le résultat cherché en faisant passer cet air, à travers deux amortisseurs situés au plafond, puis à l'intérieur

Digitized by Google

de deux filtres situés au-dessus de ce plafond. En dehors de ce dégagement à l'air libre, tout le reste du bâtiment est complètement étanche.

La porte principale, qui mesure $3 \times 4 \times 0{,}15$ m, est également rendue étanche par une armature spéciale dont sont aussi munies les portes secondaires et les fenêtres.

Les machines elles-mêmes sont montées sur des fondations particulières. Une méthode consiste à faire ces fondations en béton armé, à en recouvrir le fond d'une couche de corosil, et à laisser un certain espace vertical libre entre elles et le bloc d'attache de la machine. Ce bloc ne repose donc que sur le liège. Il est isolé latéralement du béton, par un matelas d'air.

Une autre méthode consiste à noyer dans le bloc d'attache de la machine, un certain nombre de poutrelles dont les extrémités dépassent d'environ 0,50 m chaque face du bloc. Ces extrémités reçoivent un jeu de lames de ressort, que l'on fait porter sur la fondation principale de la machine. Cette description simplifiée se complète évidemment, en pratique, de modes d'attache spéciaux des ressorts, qui en permettent un réglage à volonté, et de dispositifs amortisseurs, réduisant les oscillations mécaniques au minimum.

On peut encore monter et isoler les machines sur des systèmes connus sous le nom d'anti-vibrateurs.

Avec la première méthode on a fixé jusqu'à des moteurs Diesel de 3500 ch. D'après la troisième méthode, on a installé un turbo-générateur de 250 kw au Savoy-Hotel de Londres.

Un nouvel isolant allemand. (*The Electrical Review*, 26 novembre 1926.) — La Société Glisoma-Werke de Schierstein, sur le Rhin, autrefois Landsberg et Ollendorf, de Francfort, fabrique un nouveau matériau isolant du nom commercial de « Peralit ». Ce nouveau produit tendrait à remplacer la fibre, le caoutchouc durci, et autres isolants de ce type. Il est constitué par plusieurs couches de certaines matières, dont les noms ne sont pas communiqués, et soumises à de fortes pressions avec traitement thermique. Cet isolant possède une résistance électrique élevée; il se moule à 200° C. Il n'est attaqué ni par l'air, ni par l'humidité, ni par l'huile. Il craint seulement l'action de certains acides. J. M.

Construction de locomotives électriques avec moteurs Diesel en Russie. (*The Electrical Review*, 26 novembre 1926.) — Le commissariat des routes et moyens de communication demandait, il y a quelque temps, au Glavmétal d'user de son influence auprès des services techniques des industriels, pour que ceux ci acceptent de construire un certain nombre de locomotives électriques avec moteurs Diesel d'un type nouveau au cours de l'exercice financier actuel; les négociations du commissariat avec les différents trusts ont abouti; mais ceux-ci ne peuvent entreprendre la nouvelle construction qu'au cours de l'année 1927-28. La locomotive demandée par le commissariat est une forme nouvelle de la G. E. 16, du système Hakkel. Le Glavmetal estime que les ateliers Kolomouski ne peuvent accepter la commande puisqu'ils ont en fabrication un autre type de machine; d'autre part, les ateliers de locomotives Charkov n'ont jamais envisagé de sortir des machines avec moteur Diesel; enfin des ateliers Putilof, qui sont actuellement débordés de commandes, ne peuvent en prendre de nouvelles surtout pour un matériel à créer.

Le Glavmetal s'est donc adressé au trust Industriel de Leningrad dont il attend la réponse.

Les cellules au sélénium. (*The Electrical Review*, 26 novembre 1926.) — Au cours d'une récente réunion de la Société de physique de Londres, le professeur Thivring, qui occupe une chaire de physique théorique à l'Université de Vienne, exposait que la sensibilité de ces cellules dépend énormément de l'épaisseur de leur recouvrement en sélénium, car leur surface seulement est influencée par la lumière. L'expérience a montré que dans les cellules du type condensateur, ce recouvrement peut être réduit à la moindre épaisseur voulue par l'action capillaire d'électrodes convenablement choisies; ce type de cellule permet de travailler sur des surfaces sensibles extrêmement faibles, sans pour cela augmenter la résistance du circuit d'une façon inacceptable.

La table ci-dessous donne les résistances approximatives de quelques types normaux de cellules sensibles :

SURFACE SENSIBLE à la lumière.	MICRO-AMPÈRES SOUS 12 VOLTS	
	Obscurité.	Intensité lumineuse de 100 bougies par m².
Cercle de 1 mm de diamètre. . .	0,2	2,5
Rectangle de $0{,}1 \times 10$ mm. . . .	0,1	3,8
Rectangle de 1×10 mm	0,1	6
Cercle de 5 mm de diamètre. . .	3	21
Rectangle de 7×35 mm	72	432

L'intérêt d'une faible surface sensible vient de ce que l'on peut alors utiliser une lentille et concentrer tout le faisceau lumineux sur la cellule.

Etant donné que le rapport de la résistance dans le noir, et sous éclairage dépend de l'intensité de cet éclairage (énergie par unité de surface) une petite cellule travaillera à meilleur rendement qu'une grande, à propriétés électriques égales par ailleurs.

Il est impossible de signaler tous les défauts inhérents aux cellules au sélénium; rappelons seulement les suivants : *a*) La résistance n'est pas une fonction linéaire de l'intensité lumineuse. *b*) Existence d'un coefficient de température. *c*). La réaction sous l'effet de la lumière n'est pas instantanée.

Les cellules au sélénium doivent être utilisées en conjonction avec des organes compensateurs de ceux de leurs inconvénients qui gênent le plus pour chaque application particulière. Un mode d'action extrêmement intéressant est celui par éclairage intermittent à une fréquence acoustique, la cellule attaquant un amplificateur.

Il convient alors d'éviter soigneusement toute variation instantanée ou même rapide de la résistance, sous peine d'introduire des perturbations dans l'amplificateur. En d'autres expériences, le professeur Thivring montra le dispositif suivant : le filament d'une petite lampe de 6 v était optiquement concentré sur une surface de 1 mm² d'une cellule sensible au sélénium, par l'intermédiaire de 2 lentilles de 4 cm de diamètre, à travers une distance correspondant à la largeur d'une table.

Le rayon lumineux était interrompu périodiquement par une roue phonique placée à proximité de la lampe; les variations de courant dans la cellule étaient amplifiées, puis rendues audibles par un haut-parleur. Il montra également l'équilibrage d'un pont de Wheatstone au moyen de 2 cellules : le déséquilibrage s'obtient dans un sens ou dans l'autre suivant que l'on agit sur telle ou telle cellule. J. M.

Un treuil de grande puissance pour cages de mines. (*The Electrical Review*, 26 novembre 1926.) — La Métropolitan-Vickers Electric Cy Ltd a en construction un treuil de grande puissance pour cage de mine, commandé par un groupe Ward-Léonard, pour le compte des Caledonia Callieries Ltd, dans les New South Wales qui doivent l'installer aux mines centrales de Aberdare.

L'appareil est prévu pour la traction d'une charge de 7,5 tonnes de charbon tirée d'une profondeur de 420 m, au régime de 490 tonnes par jour.

Le treuil sera entraîné par 2 moteurs à courant continu

Digitized by Google

d'une puissance combinée de 4500 ch, susceptible de supporter une surcharge de 11250 ch. Les moteurs travailleront à la vitesse de 57 t : min avec accouplement direct sur un tambour de 4,6 m de diamètre.

L'ensemble est prévu de façon à pouvoir faire supporter les 2/3 de la pleine charge normale par un seul des moteurs d'entraînement. L'alimentation en courant continu sera faite par un groupe moteur-générateur à volant comportant un moteur d'induction de 1500 ch, entraînant 2 génératrices de chacune 925 kw de puissance, avec une excitatrice et un volant de 12,5 tonnes. L'énergie emmagasinée par ce volant doit suffire à terminer une montée, en quelque endroit que se trouve la cage au moment d'un manque d'alimentation, pourvu que la période d'accélération sous courant soit passée. L'accouplement de ce volant se fait par une cloche radiale en étoile, qui en permet la déconnexion facile au cas où le treuil aurait à conduire de faibles charges en dehors des heures de travail normal. L'appareillage sera complété par un limiteur de vitesse, et un limiteur de course ascensionnelle. Bien que la plupart des pièces de l'ensemble ne soit pas de dimensions supérieures à celles des installations du même genre déjà exécutées, les moteurs d'enroulement du treuil seront d'un volume considérable. Ils mesureront 4,40 m de diamètre total extérieur, et 5 m à la base; les induits auront un diamètre de 3 m, chaque machine pèsera 68 tonnes y compris les 29 tonnes de l'induit. J. M.

Un détonateur électrique. (*The Electrical Review*, 26 novembre 1926.) — Un nouveau type de détonateur, avec capsule d'aluminium, vient d'être appliqué dans quelque carrière et mines métalliques; on a remarqué au cours des essais que, lors de l'explosion, les particules d'aluminium de la capsule sont portées à une température extrêmement élevée qui peut suffire à provoquer la déflagration d'un gaz inflammable ou de la poussière de charbon. Les services officiels du contrôle des mines ont immédiatement pris des mesures pour qu'aucun détonateur, autres que ceux avec capsules de cuivre, ne soit utilisé dans les mines qui sont sous le règlement spécial relatif aux explosions et contrôlées par la loi de 1913. En dehors de ces cas particuliers, il n'y a aucun inconvénient à utiliser le détonateur à enveloppe d'aluminium, notamment dans les carrières de pierre. J. M.

Moteur Diesel de grande puissance. (*E. T. Z.*, 8 juillet 1926, p. 803.) — Le moteur Diesel, le plus puissant à l'heure actuelle, est installé dans la centrale « Neuhof » de la « Hamburgische Elektrizitäts Werke A.-G. » et est accouplé directement à un alternateur des « Siemens-Schuckert ». Il a été construit par la « Schiffswerft und Maschinenfabrik Blom et Vosz », de Hambourg; sa puissance est de 15000 ch et sa vitesse de 94 t : min. Le moteur est à deux temps et à double effet; il est pourvu d'un nouveau dispositif de balayage.

Sa longueur maximum est de 23,4 m jusqu'au plateau d'accouplement, sa largeur de 4,3 m; sa hauteur, comptée à partir de l'arête inférieure du carter, de 11,8 m. Le moteur compte 9 cylindres juxtaposés, ayant chacun 860 mm d'alésage et 1500 mm de course. Le combustible est amené, au moyen de pompes, aux cylindres et injecté dans ceux-ci par de l'air comprimé. L'air de balayage est fourni par deux ventilateurs à aspiration bilatérale, chacun d'eux est entraîné par un moteur asynchrone, accouplé élastiquement, fournissant, sous 6000 v, une puissance de 700 kw et pourvu d'un démarreur à eau chaude. Chaque ventilateur a une puissance moyenne d'aspiration, à 2700 t : min, de 1800 m³ : min sous une pression finale de 1300 mm d'eau, puissance pouvant atteindre, par augmentation de la vitesse, 1950 m³ : min; la pression est également réglable entre 1000 et 1500 mm d'eau.

L'alternateur triphasé accouplé est, au point de vue dimensions extérieures, le plus grand actuellement exécuté; il fournit, sous 6000/6500 v, à 50 per : sec, une puissance apparente de 13000 kv-a et est prévu pour fonctionner sous $\cos\varphi = 0{,}8$; en condensateur synchrone, il fournit alors 12000 kv-a avec $\cos\varphi = 0$. Sa longueur totale, y compris l'excitatrice, est de 6,5 m; le stator a un diamètre extérieur de 8,2 m et une largeur de 2,5 m. Le poids total de cette machine est de 235 t; le rotor-volant, avec ses 52 paires de pôles, pèse 111 t. L'alternateur est exécuté complètement fermé et pourvu d'un réfrigérant à cycle fermé refroidi par circulation d'eau : il est muni de ventilateurs débitant 23 m³ : sec. Un dispositif enregistreur indique, à tout instant, les températures du stator, de l'air à l'entrée et à la sortie, de l'eau froide et échauffée. C. F.

Puissants turbo-générateurs à 3000 tours par minute. La puissance maximum à 3000 t : min, 50 per : sec, qui était de 20000 kv-a, il y a quelques années, se trouve actuellement portée à 32000 et même 40000 kv-a : ces puissantes unités arrivent à donner toute sécurité de fonctionnement du fait des matériaux utilisés et des soins apportés à l'étude et à la construction. Les raisons conduisant à donner la préférence aux machines bipolaires sont les réductions du coût d'installation (atteignant 25 pour 100 de celui de la machine tétrapolaire de même puissance), du poids et des dimensions (facilités de transports, montage, exécution du stator en une seule pièce), de la consommation de vapeur, du diamètre des roues de turbine.

Le corps du rotor est massif et forgé d'une seule pièce avec l'arbre; ils est constitué d'acier chromo-nickel et est encore traité après forgeage de façon à obtenir une charge limite d'élasticité très élevée : celle-ci atteint 55 kg : mm², la charge de rupture étant de 70 kg : mm² : un procédé spécial facilite l'action du traitement aux points de contraintes maxima; des essais mécaniques complets sont exécutés sur le métal de chaque rotor; la contrainte du métal, à 25 pour 100 de survitesse, est inférieure aux 2/3 de la charge limite d'élasticité, de même que pour celui des frettes. Les encoches fraisées reçoivent le bobinage d'excitation qui, après avoir subi une préparation spéciale, est gainé de micanite, mis en place et est, au moyen de cales mécaniques à résistance mécanique élevée, assuré contre les effets de la force centrifuge. Les têtes de bobines sont assujetties par des frettes, d'une seule pièce, sans soudure, en acier spécial non magnétique ayant une charge limite d'élasticité de 75 à 80 kg : mm², la charge de rupture étant de 85 à 90 kg : mm²; ces frettes sont emmanchées sur le corps du rotor et sur l'arbre.

Le refroidissement du rotor et du stator est assuré par de l'air provenant soit du dehors, soit du réfrigérant à cycle continu. Le rotor est ventilé axialement et radialement, de chaque côté, sur une longueur d'environ 1/3 de sa longueur totale; l'air rejeté est renvoyé dans les canaux correspondants du stator; les têtes de bobines du rotor sont également ventilées et l'air qui les a léchées quitte le rotor par des ouvertures pratiquées dans les frettes. Deux ventilateurs, en bout des frettes, débitant au total 52 mm³ : sec, assurent la ventilation des têtes de bobines du stator ainsi que des tôles du stator qui sont munies de canaux radiaux et axiaux, les courants d'air étant centrifuges aux extrémités, centripètes dans la partie médiane; celle-ci est alimentée directement en air frais. Les ventilateurs sont pourvus de pales incurvées en acier nickel, et de joues en acier chrome-nickel, possédant une charge limite d'élasticité de 70 kg : mm², la charge de rupture étant de 85 kg : mm²; ils sont essayés à 5000 t : min, avant mise en place sur le rotor.

Les bagues d'excitation sont en acier et sont emmanchées sur une douille de même métal.

Le stator est constitué de tôles à faibles pertes, isolées au papier, comprimées et fixées à la carcasse au moyen de couronnes de serrage en acier spécial et de boulons isolés en

Digitized by Google

métal non magnétique. Les entretoises de serrage des dents du stator sont également en acier non magnétique, le choix d'un tel métal pour ces pièces et pour les frettes du rotor ayant pour but de réduire les flux de fuites des têtes de bobines et les pertes supplémentaires.

Le bobinage du stator est exécuté en barres subdivisées, les connexions en développantes sont en cuivre et sont rivées, puis soudées aux barres en vue de remplacement facile d'un élément. Les développantes sont assujetties par des cales et de nombreux boulons.

Le bobinage exécuté de façon spéciale donne une courbe de tension absolument sinusoïdale.

Le turbo-alternateur est construit pour résister aux efforts provoqués par les courts-circuits, sans que des bobines de réactance, extérieures à la machine, soient nécessaires.

La machine est complètement fermée. Stator et rotor pèsent, ensemble, 80 tonnes. Pour la marche à $\cos\varphi = 0{,}8$, l'excitation exige 80 kw; dans ces mêmes conditions à 4/4 charge, $\cos\varphi = 0{,}8$. le rendement est égal à 95,8 pour 100.

Le turbo-alternateur est prévu pour fonctionner sous 6250 v, 2970 A.

La vitesse périphérique du rotor étant indiquée voisine de 140 m : sec, la coupe de la machine donne approximativement les dimensions suivantes :

Longueur d'empilage, canaux de ventilation compris en mm.		2550
Diamètre extérieur des tôles du stator.	—	2125
Diamètre d'alésage des tôles du stator.	—	1000
Diamètre extérieur du rotor	—	925

L'entrefer est grand; le diamètre extérieur des frettes est d'environ 950 mm.

L'électrification des mines de soufre en Sicile. (*Journal of the A.I.E.E.*, décembre 1926.) — Le soufre est un des rares minéraux que l'Italie possède et exporte en grandes quantités; mais, depuis que cessa, en 1905, le monopole de fait sur ces gisements, lorsque l'Amérique commença à exploiter les gisements de la Louisiane et du Texas, les difficultés de l'industrie italienne dans cette branche s'accrurent, jusqu'à même devenir désastreuses. Depuis 1925, époque à laquelle fut signé un accord avec l'Amérique, concernant le débit et les ventes, on constate cependant une amélioration de la situation; mais les chiffres d'exportation de 1925 montrent tout de même un affaissement.

Les mines de soufre couvrent près de 1/5 de la superficie totale de la Sicile et offrent de l'occupation à 18 000 travailleurs. Elles sont donc d'une importance économique considérable pour cette île; mais jusqu'alors, les méthodes de travail et l'organisation générale sont restées très en arrière sur le progrès moderne.

Tandis que les salaires sont restés très bas, le prix de la production s'est élevé. Il avait été montré depuis longtemps que l'électrification de ces mines apporterait une grosse amélioration économique de leur exploitation. C'est seulement aujourd'hui qu'une décision dans ce sens vient d'être prise.

L'association pour le développement technique et économique des mines de la Sicile a signé, en effet, le 11 mai 1926, un contrat pour l'électrification de tous les services concernant ces mines, l'énergie nécessaire devant être fournie par une station centrale thermique située à Catane et transmise aux endroits intéressés par une ligne de 40 000 v traversant Catane, Caltanissetta et Campo-Franco, avec une ligne secondaire à 10 000 v pour la région de Caltanissetta-Sommatino.

L'accord prévoit l'exécution de ces travaux en 5 ans; mais ce délai ne sera probablement pas atteint.

Le coût de l'installation totale est estimé à 35 millions de lire; l'association pour le développement technique et économique des mines de Sicile y participera pour 8 millions.

La longueur totale de la ligne à établir n'est pas inférieure à 500 km.

L'opinion des experts a été très favorable à la forme adoptée pour ce projet, tant au point de vue économique que technique. L'industrie minière moderne ne peut prospérer sans disposer d'énergie suffisante, à transmettre et répartir facilement et rapidement selon ses besoins. Cette énergie doit en outre être acquise à bon compte. Ce sont justement là les avantages propres de l'énergie électrique. J. M.

Une superstation de radiodiffusion en Russie. (*The Electrical Review*, 19 novembre 1926). — On rapporte qu'une station monstre de radiodiffusion, d'une puissance de 1000 kw, serait projetée dans la région de Kaschira-Schatura.

J. M.

Téléphonie transatlantique. (*The Electrical Review*, 12 novembre 1926.) — Des représentants des diverses compagnies téléphoniques américaines sont actuellement en Angleterre, pour arrêter les derniers détails de la mise en exploitation d'un service radiotéléphonique entre l'Angleterre et l'Amérique. Des appels d'essais sont actuellement transmis avec succès, au nombre de 50 à 60 par jour.

Les résultats obtenus laissent croire à la possibilité d'ouvrir un trafic commercial au cours de l'année prochaine. Rappelons que la station d'émission anglaise est celle de Rugby, qui dispose d'un transmetteur à valves de 200 kw. La réception est installée à Wroughton, près de Swindon et est raccordée au central téléphonique de Londres par lignes spéciales. J. M.

Le nombre des stations de radiodiffusion au Canada. (*The Electrical Review*, 12 novembre 1926.) — On compte actuellement 543 stations d'émissions en service au Canada. Sur ce total : 67 sont des postes de radiodiffusion, 356 des postes d'amateurs et d'expérimentation, 67 des postes à code et 46 des postes répartis sur les côtes des grands lacs, pour aider au trafic des bateaux.

Toute la radiotéléphonie et radiotélégraphie du Canada est sous la coupe du ministère de la Marine et de la pêche.

J. M.

Projet hydro-électrique Russe sur la Dnieper. (*The Electrical Review*, 12 novembre 1926.) — La commmission d'étude de l'entreprise américaine Cooper est récemment revenue à Moscou après avoir examiné sur place les possibilités de réalisation du grand projet d'exploitation des forces hydrauliques du Dnieper.

Ils ont déclaré accepter le projet proposé dans ses grandes lignes, tout en faisant certaines réserves de détails. Ils ont calculé que l'exécution de travaux envisagés nécessitera 4 ans et demi environ, au bout desquels on pourra alors disposer de 3 groupes générateurs d'une puissance totale de 150 000 ch, qui pourrait être augmentée ultérieurement par l'adjonction de 7 nouveaux groupes de même puissance que les premiers.

En tenant compte des modifications prévues par la Commission américaine la dépense à engager serait de 55 000 000 dollars contre 75 000 000 estimés par les experts russes. La maison Siemens se proposerait déjà de faire des offres; dans ce but, elle a envoyé sur place des ingénieurs qui étudient le terrain où devront se faire les travaux.

J. M.

Digitized by Google

LES MACHINES D'EXTRACTION A COMMANDE ÉLECTRIQUE

(*Suite* [1])

Poste du mécanicien. — C'est au poste du mécanicien que se trouve le chevalet de manœuvre portant les différents leviers de commande. Le chevalet de manœuvre peut avoir trois leviers : le levier de manœuvre actionné par la main droite du mécanicien, le levier du frein de manœuvre actionné par sa main gauche; le levier du frein de sécurité n'est actionné que très rarement de sorte qu'en réalité la commande de la machine s'effectue avec deux leviers. Souvent ces deux leviers sont verrouillés pour que l'on ne puisse déplacer le levier de manœuvre que d'une fraction de sa course tant que le levier de frein n'aura pas débloqué la machine; nous ne pensons pas que ce verrouillage soit indispensable, car, si en déplaçant le levier de manœuvre de la course permise le couple-moteur est insuffisant il faut, pour augmenter la course, manœuvrer les deux leviers simultanément; la conduite de la machine est ainsi rendue plus difficile; le verrouillage étant supprimé, si le mécanicien déplace le levier de manœuvre d'un angle trop grand avant que les freins soient desserrés, les dispositifs de sécurité entreront en action comme on le verra plus loin.

Dans la commande à deux leviers, ceux-ci sont manœuvrés tantôt dans le même sens, tantôt en sens inverse suivant que la charge à extraire est dans l'une des cages ou dans l'autre; on conçoit que, soit par inattention, soit par manque de sang-froid en cas de danger, le mécanicien fasse une fausse manœuvre. Le chevalet de manœuvre avec levier unique supprime cet inconvénient; ce levier peut être déplacé dans deux sens rectangulaires; dans le sens longitudinal on obtient la mise en marche et le ralentissement de la machine; dans le sens transversal on obtient le blocage.

Avec une machine à courant continu, le levier de manœuvre actionne le rhéostat de démarrage agissant soit sur l'excitation de l'excitatrice, soit sur celle de la génératrice. Avec une machine commandée par triphasé, le levier de manœuvre agit sur des contacteurs ou sur un interrupteur-inverseur dans l'huile ou dans l'air pour mettre le stator du moteur sous tension, et sur un rhéostat liquide inséré dans le circuit du rotor; le levier de manœuvre en triphasé aura en général une inertie plus grande qu'en continu et la précision des manœuvres en sera diminuée.

Indicateur de profondeur. — C'est l'appareil qui permet au mécanicien de suivre le mouvement des cages dans le puits; il comprend des écrous-curseurs commandés par deux tiges filetées reliées elles-mêmes mécaniquement à l'arbre de l'appareil d'enroulement. Les déplacements des écrous-curseurs ne sont proportionnels aux distances parcourues par les cages que si l'appareil d'enroulement est constitué avec des tambours cylindriques ou une poulie Koepe; avec tout autre appareil il n'en est plus de même, car la cage partant du jour à une vitesse plus grande que celle remontant du fond à cause de la différence des diamètres d'enroulement; il n'y a que les positions extrêmes qui indiquent les emplacements exacts des cages; s'il existe des étages intermédiaires dans le puits, on repère empiriquement leur position sur l'indicateur de profondeur.

Cet organe de la machine porte les dispositifs de démarrage et de ralentissement comme nous l'avons signalé ainsi que l'évite molettes électrique ou mécanique déclenchant le frein de sécurité lorsque les curseurs dépassent la limite qui a été déterminée; sur l'indicateur de profondeur est installé encore un signal sonore avertissant le mécanicien que la cage montante va arriver au jour, et parfois aussi les appareils de contrôle de la machine (ampèremètre, wattmètre, manomètre).

L'indicateur de profondeur est donc très important; sa construction doit être robuste et il doit pouvoir se prêter aux diverses combinaisons nécessitées pour le réglage des câbles; en particulier les deux tiges filetées devront être débrayables indépendamment l'une de l'autre si l'appareil d'enroulement est en deux parties et que l'une d'elles puisse être rendue folle sur l'arbre. Les curseurs peuvent commander les appareils, en descendant, ou en montant; la dernière disposition est préférable; soit, en effet, deux tambours (fig. 28) 1 et 2 dont l'un, 2, peut être rendu fou; l'indicateur *I* est commandé par arbres et pignons d'angle; supposons, par exemple, que l'on veuille changer d'étage et extraire à un étage inférieur; on montera au jour la cage correspondant au tambour fou; on bloquera ce tambour et on le débrayera, puis on descendra la cage du tambour 1 à l'étage considéré; si les curseurs commandent les appareils en arrivant à leur position basse sur l'indicateur, les manœuvres à effectuer seront les suivantes :

1° Le tambour 2 étant bloqué, il faudra débrayer la vis de droite qui lui correspond;

2° Il faudra également débrayer la vis de gauche, sinon le curseur en descendant ferait fonctionner les appareils de sécurité. De sorte que l'indicateur sera immobilisé et le contrôle des cages rendu impossible. On pourrait cependant suivre le trajet de la cage descendante en débrayant simplement la vis de gauche; mais il ne serait pas logique de suivre une cage descendante avec l'écrou-curseur de l'autre cage et les signaux risqueraient d'être mal interprétés par le mécanicien.

La position haute des écrous-curseurs correspondant à celle des cages à la recette du jour, doit être invariable; les appareils de sécurité seront ainsi toujours bien réglés. Cette remarque a une certaine importance notamment

(1) Voy. *L'Industrie électrique* du 25 novembre 1926, p. 509, du 25 décembre 1926, p. 557 et du 10 janvier 1927, p. 7.

Digitized by Google

pour les machines de fonçage où la course des écrous-curseurs doit être très souvent rectifiée.

Des dispositifs de sécurité. — La machine d'extraction à commande électrique se prête particulièrement bien à l'installation des dispositifs de sécurité qui sont actionnés par l'ouverture ou la fermeture de simples contacts; le fonctionnement par ouverture paraît offrir une plus grande sûreté. Le fonctionnement par fermeture peut, en effet, être rendu défectueux si des corps étrangers, des poussières par exemple, viennent s'interposer entre les contacts.

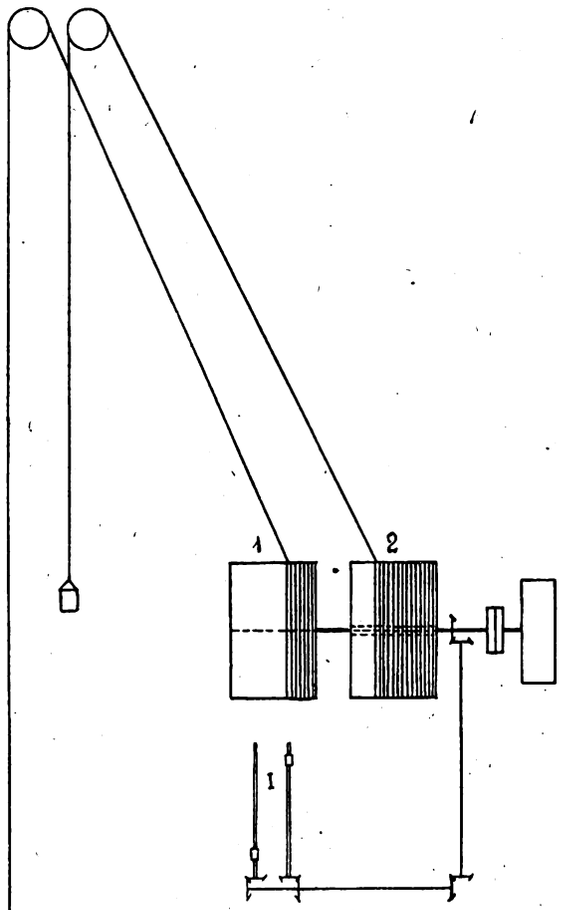


Fig. 28.
Indicateur de profondeur.

Nous allons rappeler les dispositifs employés sur les machines commandées par moteur asynchrone, et nous examinerons ensuite en détail ceux adoptés pour les machines commandées par moteur à courant continu.

Commande par moteur asynchrone. — Le fonctionnement du frein de sécurité est lié à celui du disjoncteur du moteur d'extraction, et réciproquement; l'ouverture des contacts agit sur l'un ou l'autre de ces appareils.

Le disjoncteur est actionné par manque de courant sur moteur par surintensité, et lorsque l'appareil de mise en court-circuit du rotor est resté fermé accidentellement.

Le frein de securité fonctionne :

1° A la volonté du mécanicien;

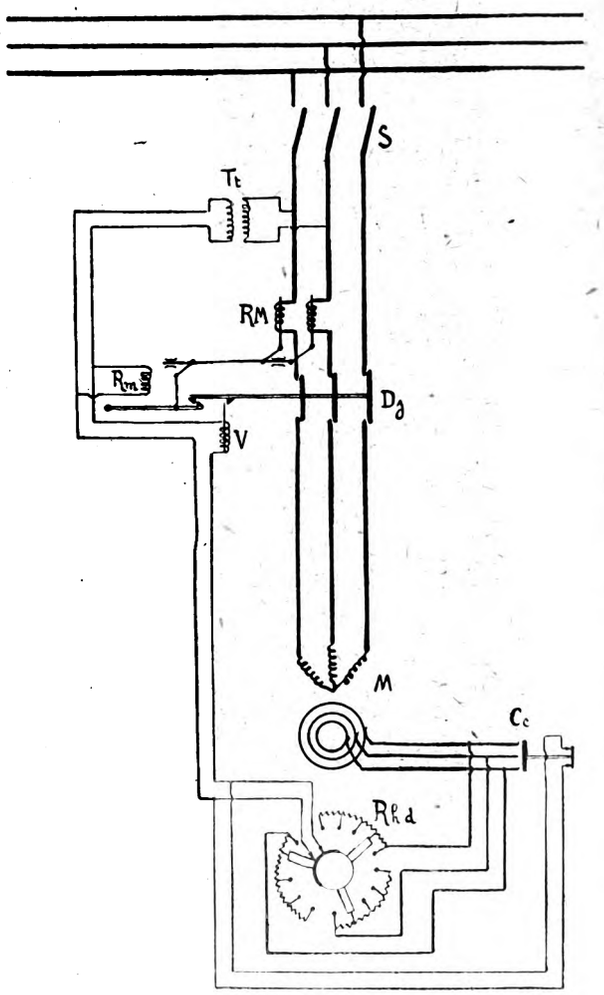


Fig. 29.
Appareils de sécurité.

M. Moteur asynchrone. — S. Sectionneurs. — Dj. Disjoncteur. — RM. Relais à maximum d'intensité. — Rm. Relais à minima de tension. — Tt. Transformateur de tension. — V. Bobine de verrouillage. Rhd. Rhéostat de démarrage. — Cc. Appareil de mise en court-circuit sur rotor.

2° Lorsque la pression de l'air comprimé descend au-dessous d'une valeur limite;

3° Par excès de vitesse du moteur d'extraction (10 p. 100 au-dessus du synchronisme);

4° Par excès de vitesse de la cage montante à une certaine distance avant la recette du jour;

5° Lorsque la cage dépasse un point déterminé dans le chevalement.

Comme appareil de sécurité il faut encore signaler le ralentissement automatique qui est réglé pour le cas le plus défavorable, c'est-à-dire pour la charge maximum descendante avec marche du moteur en hypersynchrone.

Commande par moteur à courant continu. — Nous ne nous occuperons que des machines d'extraction dont le

Digitized by Google

courant continu est produit par des groupes convertisseurs. Avec un groupe Léonard le disjoncteur sur l'alternatif est déclenché par manque de courant et aussi lorsque l'intensité absorbée par le moteur du groupe dépasse une valeur admissible; un verrouillage du disjoncteur empêche son enclenchement si le rhéostat et l'appareil de

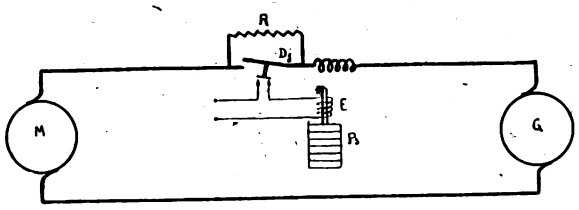


Fig. 30.
Disjoncteur ordinaire.

mise en court-circuit du rotor n'ont pas été ramenés à la position du démarrage. Le schéma (fig. 29) représente toutes ces sécurités. Avec un groupe Illgner le disjoncteur du moteur est déclenché pour les mêmes raisons.

Le frein de sécurité est actionné :

1° En cas de disjonction sur le moteur du groupe Léonard; avec un groupe Illgner cette sécurité est inutile puisqu'on utilise l'énergie emmagasinée dans le volant pour prolonger l'extraction;

2° A la volonté du mécanicien;

3° Lorsque la pression de l'air comprimé descend au-dessous d'une pression limite si l'on s'en sert pour la manœuvre des freins;

4° Lorsque la cage dépasse un point déterminé dans le chevalement;

5° Par fonctionnement d'un appareil installé sur le circuit principal génératrice-moteur si l'intensité dans ce

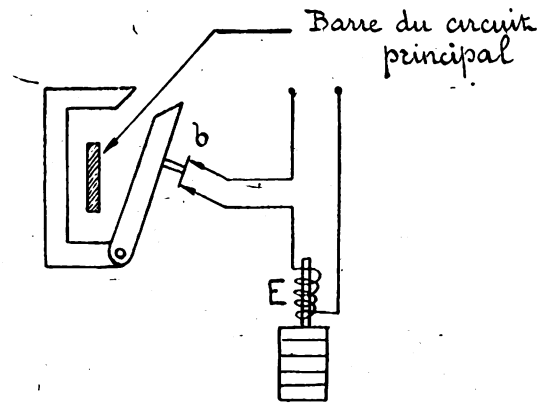


Fig. 31.
Disjoncteur utilisant le champ d'un conducteur.

circuit dépasse une valeur admissible. Cet appareil peut être un disjoncteur (fig. 30) qui coupe le circuit principal en intercalant une résistance de shuntage R; en cas de disjonction le contact est ouvert et l'électro E du frein de sécurité n'étant plus alimenté, le contrepoids P_s tombe. Ce dispositif n'est pas à recommander, car en augmentant la résistance du circuit principal on diminue la puissance du freinage électrique; de plus, les intensités étant de l'ordre de plusieurs milliers d'ampères, les contacts se détériorent rapidement malgré la rupture brusque du disjoncteur; enfin, c'est un appareil coûteux et encombrant. Un autre dispositif consiste à utiliser le flux de l'un des conducteurs entre génératrice et moteur pour actionner un électro-aimant (fig. 31); le circuit de l'électro-aimant de sécurité est encore coupé à l'ouverture du contact b; on peut encore faire fonctionner le frein de sécurité en alimentant une bobine B, au moyen d'un shunt S intercalé dans le circuit principal (fig. 32); le contact a sera interrompu lorsque l'intensité dans le circuit principal atteindra une valeur dangereuse;

6° Par emballement du groupe convertisseur; un contact est actionné par le tachymètre dès que la vitesse dépasse de 10 pour 100 celle de synchronisme;

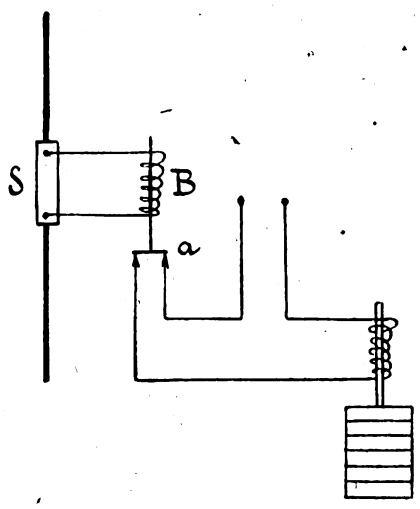


Fig. 32.
Disjoncteur à shunt

7° Lorsque l'intensité d'excitation du moteur d'extraction descend au-dessous d'une valeur limite; cette sécurité empêche ainsi au moteur d'avoir une vitesse exagérée.

Au chapitre des freins nous avons recommandé le frein de sécurité en chute libre; nous allons voir l'un de ses avantages dans l'exemple suivant :

Supposons qu'au cours d'une descente de charge on ait une disjonction sur le feeder d'alimentation du moteur du groupe convertisseur; avant la disjonction le moteur d'extraction renvoyait l'énergie mécanique récupérée à la génératrice du groupe; le moteur triphasé fonctionnait donc en génératrice asynchrone et renvoyait l'énergie au réseau, sa vitesse étant de quelques pour 100 au-dessus du synchronisme; au moment de la disjonction, le groupe se trouvant brusquement déchargé va s'emballer instantanément, si le frein de sécurité ne bloque pas la machine sans tarder; nous avons vu la vitesse d'un groupe de 1000 ch passer de 750 à 950 t : min en quelques secondes.

Digitized by Google

Dans certaines machines dont l'amortissement du frein de sécurité est obtenu au détriment de sa vitesse de chute, on a tourné la difficulté au moyen d'un appareillage dont nous donnons le schéma (fig. 33). Sur ce schéma on distingue la génératrice Q et le moteur d'extraction M; le circuit principal traverse un disjoncteur D_p introduisant une résistance dans le circuit principal en cas d'excès de courant, et l'appareil spécial K qui peut osciller autour du point O.

En cas de déclenchement du disjoncteur du moteur du groupe D_A le contact a s'ouvre, coupant le courant sur l'électro E; l'appareil K oscille et ferme le circuit du moteur sur une résistance R en coupant le circuit entre

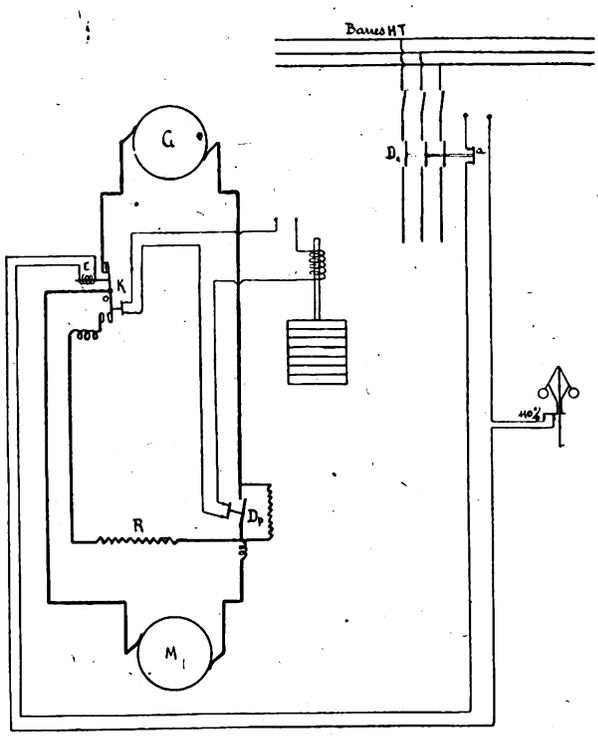


Fig. 33.
Dispositif pour éviter l'emballement du groupe convertisseur.

moteur et génératrice; le fonctionnement de E étant instantané l'emballement du groupe est ainsi évité. L'appareil fonctionne également lorsque la vitesse du groupe dépasse de 10 pour 100 celle synchronée pour parer à l'accident qui pourrait survenir dans le cas particulier ci-après :

Soit un poste dont le jeu de barres alimente, en même temps qu'un moteur asynchrone du groupe Léonard, plusieurs moteurs synchrones entraînant par exemple des compresseurs d'air (fig. 34).

Avec une charge négative le moteur M_c va récupérer l'énergie cinétique et fonctionnera en génératrice; la génératrice Q du groupe fonctionnera en moteur et le moteur à courant triphasé M_s tournant au-dessus de la vitesse synchrone fonctionnera en génératrice asynchrone; l'énergie cinétique sera transformée en énergie électrique et renvoyée dans le réseau. Si au cours de cette cordée une disjonction se produit sur le feeder F, isolant ainsi le poste du réseau, il pourra se présenter les trois cas suivants :

1° La puissance débitée par la génératrice asynchrone est supérieure à celle absorbée par les compresseurs. La vitesse du groupe va augmenter d'autant plus rapidement que la différence entre les deux puissances est plus grande; le contact à 110 pour 100 fera tomber le frein de sécurité de la machine d'extraction;

2° La puissance débitée par la génératrice asynchrone est sensiblement égale à celle absorbée par les moteurs synchrones. Au moment de la disjonction sur le feeder d'alimentation du poste, il ne se produira aucun changement dans la marche des machines; les moteurs synchrones recevront leur puissance de la génératrice asynchrone et ils fourniront à celle-ci le courant réactif qui lui est nécessaire; leur vitesse n'ayant aucune raison de varier, la tension et la fréquence du courant du jeu de barres resteront sensiblement constantes; cet état de

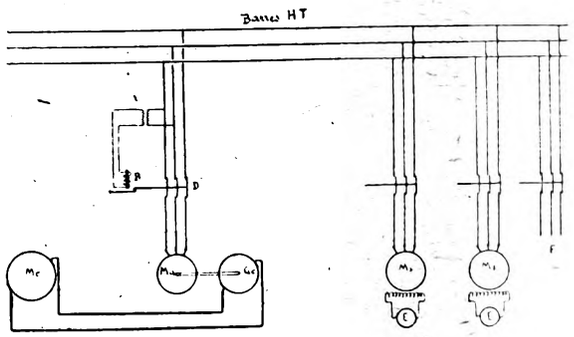


Fig. 34.
Montage d'un groupe Léonard en parallèle avec des moteurs synchrones.

choses se maintiendra autant que durera la cordée. Pendant le ralentissement des cages, l'énergie récupérée augmentant, la vitesse du groupe augmentera également et nous retombons dans le premier cas. En fin de cordée toutes les machines ralentiront et ce n'est qu'à ce moment-là, lorsque la tension sur le jeu de barres sera suffisamment réduite, que le disjoncteur du groupe sera actionné et fera fonctionner le frein de sécurité;

3° La puissance débitée par la génératrice asynchrone est inférieure à celle absorbée par les compresseurs. L'ensemble des machines va ralentir et nous retombons dans le cas précédent.

On trouvera dans le tableau ci-après le résultat des essais que nous avons effectués sur un dispositif de ce genre.

La puissance des moteurs de chaque compresseur était de 220 ch.

La machine d'extraction était équipée avec un tambour Koepe et la charge descendante a été évaluée à 2360 kg environ.

On voit que pour les quatre derniers essais, les moteurs des compresseurs marchant à vide ont maintenu sur le

Digitized by Google

jeu de barres une tension telle que la bobine à minima du disjoncteur du moteur du groupe n'a fonctionné qu'au bout de 32 sec. L'influence des compresseurs est donc très nette.

MOTEURS synchrones en service.	ÉNERGIE récupérée par le moteur d'extraction. V	I	K-W	Temps écoulé depuis la disjonction sur feederd'alimentation du poste jusqu'au déclenchement du disjoncteur du moteur du goupe.	VITESSE max. prise par le groupe en *t/m.*	VITESSE des cages en *m/s.*	OBSERVATIONS
2 compresseurs en charge. . . .	200	800	160	7 secondes.	770	6	
2 — en charge . . .	375	600	225	8 »	770	10	
1 comp. en charge, 1 c. à vide.	375	600	225	14 »	770	10	
2 compresseurs à vide	375	600	225	32 »	790	10	Le groupe s'est emballé instantanément et le frein de sécurité a été actionné par le contact 110 %
1 — à vide.	375	600	225	32 »	790	10	
1 — à vide.	550	450	248	32 »	790	12	
1 — à vide.	550	500	275	32 »	790	14	

(*A suivre.*)

P. FOURNIER.

L'ÉTAT ACTUEL DES SERVICES PUBLICS AUX ÉTATS-UNIS

Au cours d'une mission récente aux États-Unis, M. E. IMBS, Directeur général de la Compagnie Parisienne de Distribution d'Électricité, a pu observer sous tous ses aspects l'organisation des Sociétés américaines analogues à la sienne.

Il les a résumés dans une communication présentée en séance publique mensuelle de la *Société française des électriciens*, le 6 février 1926 et publiés dans le *Bulletin* de la S. F. E. de février.

Bien que datant de plusieurs mois, la communication de M. Imbs n'a rien perdu de son actualité, et il ne sera pas sans intérêt d'en résumer certaines parties et notamment les conclusions, d'autant qu'un ingénieur-constructeur bien connu, M. LOUIS BREGUET, qui en Octobre 1925 représentait la France au concours d'aviation de New-York, a, lui aussi, rapporté d'Amérique des impressions intéressantes qui concordent avec celles de M. Imbs.

Plus récemment, M. DETŒUF, Directeur général de la Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, a présenté, dans une conférence à l'Union des industries métallurgiques et minières, en Juillet 1926, une pénétrante analyse du même sujet, c'est-à-dire de l'industrie américaine, de la mentalité dont elle procède, des méthodes qui en font la prospérité....

On trouvera résumée, par ailleurs, l'intéressante conférence de M. Detœuf et il sera loisible d'en rapprocher les observations de M. Imbs, résumées ci-après, d'après le *Bulletin* de la Société Française des Électriciens.

Après des considérations d'économie générale que nous ne reproduirons pas, M. Imbs signale combien est remarquable l'organisation scientifique américaine, et quelle importance y attachent les grands constructeurs américains, tels que la Westinghouse, la G. E. C°, etc. Dans les usines de cette dernière société, dont la principale couvre 570 000 m² et occupe 20 000 hommes, on n'a pas hésité à créer un laboratoire comportant un alternateur spécial capable de produire des courts-circuits de l'ordre de 600 000 kv-A. Grâce à ce laboratoire unique dans son genre, il est possible de réaliser l'essai direct de courts-circuits dans des conditions plus dures que celles de l'exploitation, de vérifier la théorie des interrupteurs à huile et de perfectionner leur construction.

L'Organisation administrative et financière américaine est, sous le contrôle de l'État, dévolue à des sociétés qui ont le plus grand souci des services publics électriques. *Si ce souci tendait à disparaître, les sociétés seraient rappelées à la notion du devoir par la Public Service Commission*, analogue à la Commission de Contrôle de la Ville de Paris, mais *composée uniquement de spécialistes à l'exclusion de toutes personnalités politiques*. Le Gouvernement n'intervient pas, et il y a, au point de vue des distributions, une décentralisation qui semble avoir produit les meilleurs effets.

Les States Commissions ont un contrôle à la fois financier, technique et de tarification. Toutes les plaintes sont portées devant elles, et *elles ont pour principale préoccupation de faire assurer un bon service. La sanction encourue est la délivrance éventuelle d'autorisations concurrentes.*

Au-dessus des administrations d'États, fonctionne encore le Gouvernement Fédéral, de sorte que l'action des Public Service Commissions se complète par celle de l'Interstate Commission, qui intervient pour autoriser les interconnexions entre réseaux, par delà la limite des États composant la Confédération.

Les Sociétés Productrices et l'Interstate Commission ont, d'un commun accord, fait une large politique d'interconnexion des réseaux, qui se développe de jour en jour. Il y a déjà, dans la région de Chicago, un super-réseau qui relie 7 états, c'est-à-dire une superficie beaucoup plus considérable que celle de la France, dont le

Digitized by Google

territoire correspond à peu près à celui des 2 états réunis de l'Arizona et du New-Mexico.

L'Organisation financière des sociétés fait une large part au personnel même des sociétés et à la clientèle desservie. *L'organisation commerciale* assure une propagande de tous les instants au développement des applications de l'électricité, et *ce qui frappe, dans cette organisation, c'est la place importante faite à la compétence*, comme l'exemple en est fourni par la New-York Edison C° dont le service commercial ne comporte pas moins d'une trentaine de bureaux d'information, ayant chacun sa spécialité : éclairage, force-motrice industrielle, décorations lumineuses, chauffage industriel, réclames lumineuses, radiothérapeutique, etc., non compris l' « Educational Bureau », destiné à la formation professionnelle des employés au service commercial.

Grâce à une active *propagande*, faite par la voie du Commercial relations ou du Public relations department annexés aux sociétés électriques américaines, l'abonné domestique ne consomme pas moins de 450 kw-h en moyenne par an (et même 750 kw-h par an à Buffalo), alors qu'en France, la consommation domestique annuelle s'élève bien rarement à plus de 200 kw-h dans les mêmes conditions.

L'Organisation technique n'est pas moins remarquable, et sa perfection s'affirme par une étonnante rapidité de mise en service des installations nouvelles et par l'adoption extrêmement rapide de tous les progrès (ce qui contribue à expliquer, que, sur plus de 30 usines, on ne voie, dans aucune d'elles, de matériel à réparer.

Les *statistiques américaines* indiquent que la puissance en énergie hydraulique installée aux États-Unis serait de plus de 10 millions de ch, représentant environ 38 pour 100 de la totalité de l'énergie hydraulique installée dans le monde, le Canada ayant de son côté 3 millions 1/2, l'Italie environ 1 million 1/2 et la France près de 2 millions 1/2.

La puissance des stations centrales hydrauliques des États-Unis, dont la mise en service a eu lieu en 1925 ou aura lieu au plus tard en 1926, s'élève à 1 200 000 kw (comptés avec un facteur de puissance de 85 pour 100). Muscle Shoals, dans le Tennessee, sera la plus puissante des centrales hydrauliques : sa capacité initiale de 250 000 kw doit pouvoir être portée ultérieurement à 600 000 kw.

Les installations thermiques ne sont pas moins remarquables que les installations hydroélectriques, l'emploi du *charbon pulvérisé* s'y est considérablement développé ; mais, malgré son adoption à Cleveland, à Trenton-Channel (Detroit), Cahokia (Saint-Louis), la *grille à chaine et les stokers* conservent de nombreux partisans, surtout pour du charbon de qualité médiocre, car, contrairement à ce que l'on pense généralement, *la pulvérisation n'est avantageuse qu'avec du bon charbon.*

Les consommations de charbon moyennes paraissent être à l'ordre de 675 grammes par kw-h ; on espère arriver à beaucoup mieux. Le facteur de charge, c'est-à-dire le produit de la puissance maximum par le kw-h moyen dans l'année, est généralement très élevé et favorise l'abaissement des consommations de charbon. Ce facteur de charge, qui atteint en Californie jusqu'à 70 pour 100, pour des raisons d'ailleurs exceptionnelles dues notamment aux pompages électriques pour irrigation, est en moyenne voisin de 50 pour 100. Nous n'avons à Paris que 32 pour 100.

Une particularité frappante dans l'*agencement des tableaux* est la séparation des phases, justifiée, prétendent les Américains, non par les conditions actuelles de l'exploitation, mais par les développements énormes prévus dans l'avenir.

On sait que la fréquence est uniformisée aux États-Unis à 60 per : sec : il existe quelques exceptions à cette règle, notamment pour la région de l'Ouest desservie par Long Beach, où les difficultés et les dépenses de l'unification ont conduit à maintenir 50 per : sec. En outre, la fréquence 25 subsiste dans un très grand nombre de cités et sert, après transformation, à la distribution en courant continu et aux tramways. Les installations intérieures sont extrêmement soignées, les canalisations sont presque toujours noyées dans les murs ; les coupe-circuits, les interrupteurs sont largement dimensionnés ; là encore, on rencontre les heureux effets d'une uniformisation dont le public apprécie les avantages.

Après avoir exposé le rôle bien connu du *Load dispatcher*, qui dispose de liaisons à longue distance parfois doublées de liaisons par T. S. F., M. Imbs conclut dans les termes suivants son remarquable exposé : « L'exposé sommaire que je viens de vous faire de l'état actuel des services publics électriques aux États-Unis a appelé tout naturellement quelques comparaisons et quelques réflexions sur la situation correspondante des activités de notre pays.

Il ne faut pas oublier, dans ces comparaisons, que notre patrie vient de traverser l'épreuve la plus cruelle que son époque ait enregistrée, la guerre lui a fait perdre 1 500 000 hommes, alors qu'elle assurait aux États-Unis un débouché de plus à ses prodigieuses richesses naturelles.

Du point de vue commercial et financier, nous avons beaucoup à apprendre des Américains ; il est désirable que beaucoup des nôtres aillent dans ce grand pays et se rendent compte, par eux-mêmes, de l'ambiance des États-Unis ; il faut aussi souhaiter que la mentalité européenne s'adapte à certaines des idées d'au delà l'Atlantique, et qu'à la suite d'un redressement qui s'impose en France, et qui sera, je l'espère, prochain, nous puissions entrer dans une ère d'harmonie sociale et de développement rationnel de la production.

Du point de vue purement technique, nous devons admirer les réalisations grandioses des Américains, la qualité de leur matériel, leurs méthodes de travail et de production dans l'atelier, leurs initiatives dans la recherche du rendement optimum et du prix de revient minimum.

Il ne faudrait cependant pas en conclure que la tech-

Digitized by Google

nique américaine laisse loin derrière elle la technique française : cette dernière a parfois pris les devants, et nos amis des États-Unis sont les premiers à le reconnaître : ils rendent hommage aux réalisations faites en matière de centrales thermiques à Saint-Ouen dès 1914, et depuis la guerre à Gennevilliers, comme à nos développements hydro-électriques, dont ceux d'entre eux qui sont venus à Grenoble, l'été dernier, ont apprécié la valeur.

Les électriciens des États-Unis savent d'ailleurs quelle a été l'œuvre d'Ampère et des illustres savants français, qui lui ont svccédé. Ils se rendent compte que, si la discipline américaine permet plus rapidement certaines matérialisations, c'est à notre individualisme que l'on doit ce choc des idées, créateur des progrès de la science. Aussi estiment-ils, comme nous, que rien ne saurait être ples utile que des échanges de vues fréquents entre les représentants de nos deux pays. Nos amis américains ont su nous manifester ces sentiments en recevant partout notre mission, non seulement avec un luxe que nous ne saurions leur rendre, mais aussi avèc une affabilité et une cordialité auxquelles je veux en terminant rendre hommage, et qu'ils trouveront assurément chez nous chaque fois qu'ils viendront visiter les installations électriques de notre pays. L. J.

LA GALVANOPLASTIE SUR LE FER ÉT L'ACIER

La galvanoplastie sur le fer et l'acier exige des méthodes particulières de traitement des métaux, avant le passage au bain. Généralement, lorsqu'il s'agit de pièces de cuivre ou de laiton, après en avoir poli soigneusement les surfaces intéressées, et enlevé les poussières restantes, il suffit de faire partir la mince couche d'oxyde résiduel pour obtenir la surface chimiquement pure nécessaire au succès de l'opération finale dans le bain. En outre, les dépôts que l'on cherche à donner à ces pièces, ont le plus souvent un but uniquement décoratif.

Avec le fer et l'acier, les raisons ne sont pas les mêmes (1) ; les recouvrements sont faits en vue de les protéger contre la corrosion et les effets de la rouille.

On conçoit que les traitements qui peuvent suffire pour obtenir seulement un fini à l'œil ne conviennent plus pour assurer une protection efficace contre des agents extérieurs.

Une application nouvelle de la galvanoplastie, issue de la guerre, est la remise en état des pièces mécaniques fatiguées, telles que celles de moteurs et d'organes d'avions ayant déjà travaillé; on peut, dans le même ordre d'idée, citer les recouvrements très épais en nickel ou cuivre sur de nombreux organes métalliques à protéger.

Pour cet effet de protection, le cuivre et le nickel sont d'un usage courant ; le zinc (galvanisation électrique), le cadmium et le chrome y trouvent également leur emploi, ce dernier étant d'un emploi encore récent, mais très riche de promesses d'avenir. Pour la remise à neuf, le nickel est le plus en faveur, en raison de sa dureté et de sa facilité de traitement; dans certains cas spéciaux on choisit souvent les recouvrements de cuivre et de fer.

Dans toutes les applications de la galvanoplastie, la disparition, sur les surfaces à traiter, des huiles, matières grasses et sable, issus des dernières phases d'usinage et de polissage des pièces, s'obtient en plongeant celles-ci dans une solution très fortement alcaline et bouillante (potasse) ; mais les huiles et les graisses en usage aujourd'hui sont plutôt de nature minérale, par conséquent, non saponifiables; le décapage uniquement chimique est donc insuffisant et l'on est conduit à l'emploi d'autres dégraisseurs, tels que le phosphate tri-basique, ou le silico-aluminate dont les actions sont simultanément chimiques et mécaniques.

Ce dernier est constitué par de l'aluminate de potasse et du silicate de potassium dont chacun d'eux s'hydrolyse, en solution, sous forme da potasse caustique et de silicate et d'aluminate floculents.

Dans la solution bouillante, ces particules floculentes dégraissent et décapent les surfaces à traiter, cette action mécanique étant complétée par l'action chimique de la potasse caustique formée dans la liqueur. On a tenté d'utiliser des décapeurs électriques, mais ils n'ont pas donné de résultats suffisants.

Les graisses étant enlevées, le fer et l'acier doivent encore subir un traitement chimique avant de passer au bain de galvanoplastie. Ce traitement vise à faire disparaître les bavures de métal et les taches; il s'effectue en plongeant simplement les pièces intéressées dans un bain d'acide sulfurique ou d'acide chlorhydrique.

Les méthodes modernes permettent d'obtenir des surfaces parfaitement nettes, qui, convenablement traitées, assurent une adhérence parfaite du recouvrement, que celui-ci soit de nickel, de zinc ou de cuivre.

Si une pièce de fer ou d'acier, nette de toute trace de graisse et décapée par les moyens normaux ci-dessus exposés est plongée dans un bain fort d'acide nitrique pur, puis retirée, pendant une minute environ, puis replongée et retirée, et ainsi de suite, jusqu'à ce que toute action cesse, le fer est dit « à l'état passif ». S'il est convenablement passé au bain de cyanure de cuivre, après avoir été dans cet état, l'on est certain d'obtenir des dépôts de forte adhérence.

Dans la pratique courante, cependant, l'acide nitrique n'intervient pas; il complique, il est cher, et néfaste dans un bain de galvanoplastie au nickel.

On peut encore obtenir l'état de passivité en faisant travailler la pièce à traiter en anode, pendant quelques minutes, dans une solution d'acide sulfurique. Les résultats sont au moins aussi heureux sinon meilleurs, qu'avec l'acide nitrique, sans présenter d'inconvénient grave à l'égard du bain de nickel, si, par manque de soin, il y a transport de l'acide d'un bac à l'autre. Cette solution doit

(1) *The Electrician*, 26 novembre 1926, par M. W. E. Harris.

Digitized by Google

être à 25 ou 50 pour 100 ; ce procédé s'appelle le « décapage électrolytique » ou le « traitement anodique ». Pour les aciers très résistants, certains praticiens varient le degré d'acidité et ajoutent, à leur bain de décapage, du sulfate acide de sodium ou du sulfate d'ammonium. Cette adjonction est d'une influence douteuse.

La densité moyenne de courant adoptée varie entre 0,075 et 0,1 ampère par cm².

Supposons que l'on ait à recouvrir de nickel une pièce de fer ou d'acier ayant subi le traitement préliminaire de dégraissage ; elle sera maintenue dans le bain de décapage électrolytique par un fil fort attaché d'autre part à une traverse fixée de chaque côté de la cuve et au-dessus d'elle. Cette traverse est connectée à un inverseur qui peut, à volonté, la rendre anode ou cathode, l'autre polarité de l'alimentation étant amenée sur le revêtement de la cuve, si celui-ci est plomb, ou à des anodes de plomb, en cas contraire. Le circuit est alors mis sous tension, de telle façon que la pièce à traiter travaille en cathode ; on observe un violent dégagement gazeux qui se maintient pendant 2 ou 3 minutes (quelquefois plus longtemps, dans le cas de bavures métalliques importantes) ; la pièce, examinée ensuite, montrera des contours nets.

L'interrupteur est alors amené dans la position où la pièce travaille en anode ; le dégagement gazeux est beaucoup moindre ; après 1 minute, la pièce examinée se révélera parfaitement nette et blanche ; elle a atteint son état de passivité et se trouve prête à recevoir le dépôt voulu après avoir été lavée aussi vivement que possible dans de l'eau courante très propre. Ici l'on doit cependant prendre une précaution importante : la pièce ne doit pas être introduite dans le bain de nickel sans être sous courant ; il est donc indiqué de la relier électriquement à la source de telle façon qu'elle subisse l'action du bain dès qu'elle commence à y pénétrer.

L'inobservation de cette précaution retire toute garantie quant à la qualité d'adhérence du dépôt.

Bains de nickelage. — On rencontre, dans la pratique de cette industrie, des bains de nickelage de différentes natures que l'on peut ranger en 2 catégories : ceux de « sel simple », faits de sulfate de nickel avec additions variées aidant à la conductivité et au contrôle de l'acidité ; ceux de « sel double » faits de sulfate de nickel et d'ammonium avec les mêmes additions que précédemment.

Les solutions de sel simple permettent de plus fortes densités de courant ; les dépôts auxquels elles conduisent sont relativement plus doux. Les solutions de sel double donnent des recouvrements très durs et ne permettent que de très faibles intensités de courant. Une des meilleures solutions de sel simple est la suivante :

Sulfate de nickel	275 gr		
Fluorure de sodium	7,75 à 15,5 —	}	par litre d'eau.
Acide borique	31 —		

Ces sels sont simplement dissous dans de l'eau chaude dans les proportions indiquées.

Cette formule est excellente pour tous les types de fers et d'aciers, avec des densités de courant voisines de 0,003 ampère par cm².

On obtiendra une solution à sel double avec le mélange suivant :

Sulfate de nickel et d'ammoniaque	77,5 gr		
Sulfate de nickel	31 —		
Chlorure de sodium	7,75 à 15,5 —	}	par litre d'eau.
Acide borique	15,5 —		

Avec cette solution, la densité de courant ne devra pas excéder 0,005 ampère par cm² ; les dépôts obtenus seront durs et brillants si le degré d'acidité est convenable. Avec le fer et l'acier, il est prudent d'éviter les chlorures en solution, ou, en tout cas, de les y introduire aussi faiblement que possible. Leur fonction est de faciliter la corrosion d'anode. Par ailleurs, à moins que la pièce en traitement ne soit soumise à un lavage en eau chaude très soigné, les chlorures auront une tendance à la marquer. Le degré d'acidité devra être très surveillé par l'emploi de papiers de tournesol ou du Congo. Il sera bon lorsqu'un papier de tournesol rouge terne sera amené au bleu, sans pouvoir agir sur un papier du Congo.

Dans de simples buts d'effets décoratifs sur des objets de fer ou d'acier, un bain au cyanure convient très bien ; mais il faut l'éviter si l'on veut avoir des recouvrements protégés contre la rouille ; il faut nickeler d'abord, puis cuivrer la surface ainsi obtenue, en observant les précautions précitées.

Cette méthode est très répandue et donne toute satisfaction. Le nickel, puis le cuivrage en plusieurs couches successives donnent une excellente adhérence.

Le bain au cyanure peut être fait suivant cette formule :

Sulfure de cuivre	31 à 39 gr	}	par litre d'eau.
Cyanure de potassium	62 —		

Dissoudre le cyanure dans un peu d'eau chaude et agiter lentement le sel de cuivre, en agitant. Après dissolution totale, amener à la concentration voulue. Cette solution peut être utilisée chaude (mais ne doit pas être amenée à l'ébullition, sous peine de détruire le cyanure) ; elle demande une intensité de courant de 0,005 ampère par cm².

Recouvrements de chrome. — Le chrome possède deux propriétés qui le rendent intéressant en galvanoplastie : sa grande dureté et sa résistance à la corrosion atmosphérique. Le dépôt de chrome est idéal pour l'appareillage électrique, les équipements de moteurs et de cycles, et, d'une façon générale, pour tous les matériaux ayant à supporter des efforts, mais dont on veut voir le fini se conserver. Mais, les procédés pratiques, jusqu'alors en usage, ne sont pas parfaits et présentent des inconvénients. Le premier de ceux-ci est la production abondante d'une intense fumée gazeuse irritante pendant le traitement ; les solutions sont, en outre, de nature complexe et demandent l'emploi de densités de courant très élevées.

Il n'entre pas dans le cadre de cet article de discuter les théories actuelles sur ces diverses solutions, ou même celle du principe de l'opération. Qu'il suffise d'en donner

Digitized by Google

une formule publiée par le *Bureau of Standards* des États-Unis qui donne d'excellents résultats sur des pièces plates :

Acide chromique	250 gr	par litre d'eau.
Sulfate de chrome	3 —	
Carbonate de chrome	7,75 —	

L'acide chromique et le sulfate sont dissous dans de l'eau ; le carbonate est ajouté ensuite. L'intensité de courant doit être de 0,1 ampère par cm².

Comme on peut s'en rendre compte, ces densités élevées (que certaines solutions réclament encore 2 ou 3 fois plus fortes), mettent la galvanoplastie du chrome en dehors des moyens de la plupart des ateliers actuels appartenant à cette industrie.

Le cadmium vient en premier plan pour fournir des recouvrements à l'abri de la rouille; il se dépose très facilement. Ces deux qualités en font un métal extrêmement précieux en la matière. Il se dépose par l'intermédiaire de solutions acides ou alcalines, celles-ci se rencontrant plus souvent que celles-là.

La solution suivante a donné d'excellents résultats au cours de plus de deux années d'expérimentation :

Cyanure de cadmium et de potassium	95 gr	par litre d'eau.
Hydrate de sodium	4 à 8 —	
Dextrine	2 —	

Il a été prouvé que même après la disparition de son recouvrement de cadmium, une pièce conservait ses propriétés protectrices, ce qui montre que le cadmium pénètre dans le métal traité. En outre un dépôt de cadmium n'enlève rien au brillant d'une pièce d'acier trempée, comme un ressort par exemple ; il n'en est pas de même avec le zingage électrolytique; en tout cas, il est certain que, si le cadmium doit remplacer la galvanisation au zinc, une maison a déjà remplacé ses solutions habituelles en faveur de ce métal.

Recouvrements d'étain. — La déposition électrolytique de l'étain n'est pas sans intéresser l'industriel qui traite les fers et les aciers à la galvanoplastie. La méthode consiste à plonger les objets à traiter, après décapage, dans une solution de soude ou de potasse caustique, où ils sont introduits dans un panier d'aluminium. Elle suffit parfaitement pour les pièces de bas prix où l'on cherche les apparences de l'argent. Le dépôt n'a qu'une très faible épaisseur.

Pour obtenir des recouvrements plus épais, la solution suivante est recommandée :

Proto-chlorure d'étain	100 gr	par litre d'eau.
Soude caustique	50 —	

Dissoudre la soude caustique dans de l'eau et y verser lentement les sels jusqu'à la concentration voulue.

Cette solution fonctionne mieux si elle est chaude. Elle a cependant un gros inconvénient qui est l'action de l'alcali caustique sur les mains des opérateurs qu'aucun gant ou autre appareil de protection ne peut garantir; de grandes installations de ce genre ont cependant donné d'excellents résultats au cours de 10 années de travaux. J. M.

TÉLÉRUPTEUR POUR RÉSEAUX A 380 VOLTS

APPLICATION DE LA COMMANDE A DISTANCE PAR COURANT AUXILIAIRE, PRINCIPALEMENT DESTINÉE AUX INSTALLATIONS INTÉRIEURES SUR RÉSEAUX A 220/380 VOLTS.

On sait que depuis quelque temps, suivant l'exemple des réseaux d'Alsace-Lorraine, des distributions triphasées à 380 v entre fils de phase apparaissent un peu partout en France. Sans être pessimiste on peut se demander si l'emploi d'une tension aussi élevée dans les fermes et maisons d'habitation ne va pas causer des accidents surtout avec le mauvais appareillage que les installateurs peu consciencieux ont coutume d'employer.

Le télérupteur dont nous donnons la description évite de mettre entre les mains les appareils parcourus par des courants à 380 v, il nous a paru intéressant de le signaler, vu son ingéniosité.

Cet appareil, appelé T.M.D. (télérupteur Maurice Dargon), peut être branché sur un circuit en fil de sonnerie alimenté par un petit transformateur ou des piles (8 ou 10 v) détermine la fermeture ou l'ouverture d'un circuit de lampes électriques (110 ou 220 v ou même 380 v).

En somme cet appareil est un interrupteur à distance présentant l'avantage de supprimer les descentes de fil lumière allant aux interrupteurs. Il évite de la sorte tout danger de contact direct avec les fils des canalisations à tension élevée.

Ces descentes sont remplacées par un circuit en fil relativement fin (de sonnerie) bien moins coûteux et aussi plus facile à porter.

Cet appareil supprime donc les interrupteurs va-et-vient ainsi que les inverseurs, et peut être commandé par autant d'endroits que l'on désire, à l'aide de deux fils de sonnerie pris en dérivation.

Il existe trois modèles.

Appareil N° 1 pour allumage simple. — Dans ce cas l'appareil fait marcher 1, 2, 3, 4 ou 5 lampes, mais toutes en même temps, commandées, comme il est dit plus haut, par autant d'endroits que l'on veut (couloir, escalier, vestibule).

Appareil N° 2 pour deux allumages. — Mêmes avantages que le N° 1 avec cette différence toutefois que si l'on presse une fois sur le bouton, la montée de l'allumage (qui peut comporter 2 ou 3 lampes) marche, une deuxième pression actionne l'autre moitié, une troisième pression éteint le premier allumage, une quatrième éteint le tout (lustre, salon, salle à manger).

Digitized by Google

Appareil N° 3 pour allumage alternatif. — Dans ce cas on fait fonctionner deux lampes, mais jamais en même temps comme par exemple dans les chambres d'hôtel.

De ce qui précède, il ressort que cet appareil qui donnera du cachet à l'installation, fait réaliser une économie de fil et de main-d'œuvre,

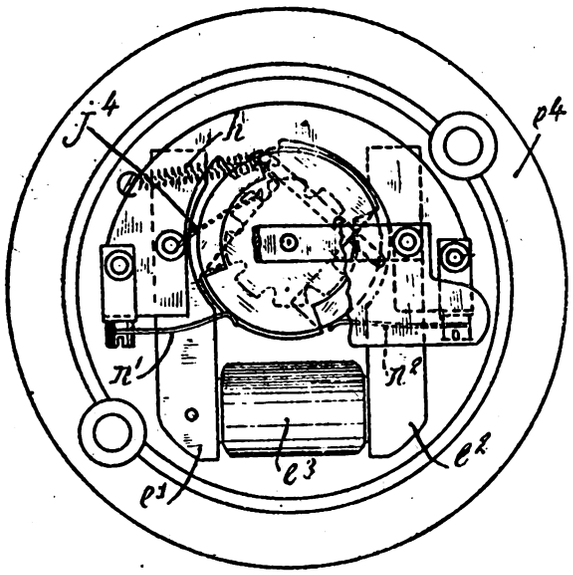


Fig. 1. — Vue de face.

Dans les campagnes où par économie de cuivre on est amené à installer les réseaux sous les tensions 220/380 v, il écarte tout danger d'électrocution.

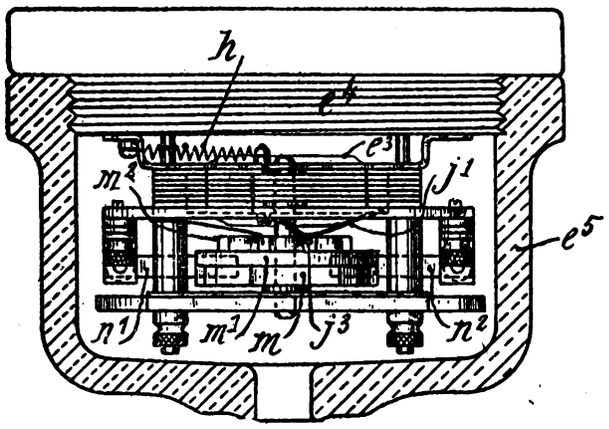


Fig. 2. — Coupe.

Description. — L'appareil se compose :

1° D'un électro-aimant E.

2° D'un induit de fer doux I tournant autour de l'axe A.

3° D'un axe A, entrant à frottement doux dans le trou O de l'induit I, et supporté entre deux paliers.

4° Sur cet axe et solidaire de celui-ci : 1° la roue à encoches R; 2° la roue de contact C. Nous appellerons cet ensemble, équipage mobile.

Sur cette roue de contact C on remarquera les parties isolées *n*.

5° Sur l'aimant I est fixé un ressort plat P et sur lequel est rivé un ergot *e*.

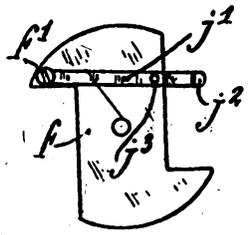


Fig. 3.

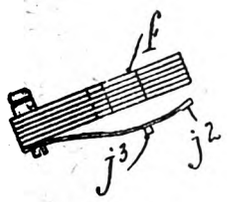


Fig. 4.

6° Un ressort de rappel *r*.

7° Un contact frotteur *c*.

D'autre part, le ressort plat P vient coller contre la roue R.

La figure 1 est une vue de face du télérupteur; couvercle enlevé.

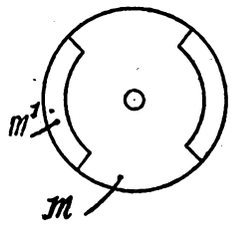


Fig. 5.

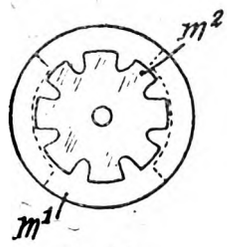


Fig. 6.

La figure 2 est une vue de côté, le couvercle étant coupé.

Les figures 3 et 4 sont des vues de détail, de face et en plan de l'induit oscillant.

La figure 5 est une vue de détail du plateau porte-contact.

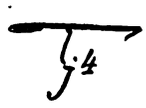


Fig. 7.

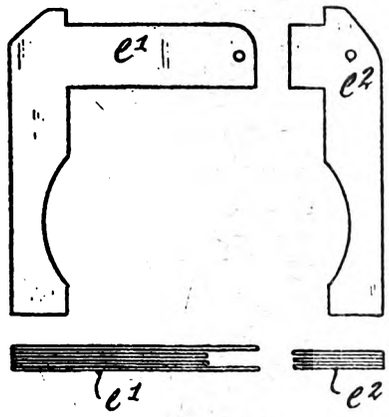


Fig. 8 et 9.

La figure 6 montre le plateau muni de la roue à encoches.

La figure 7 est une vue de détail d'un cliquet.

Les figures 8 et 9 sont des vues de face et en plan de l'armature de l'électro-aimant.

Digitized by Google

L'électro-aimant a une armature en deux parties e^1 e^2 assemblées après la mise en place de la bobine e^3.

Sur l'induit oscillant f de l'électro-aimant est fixé, en f^1 sur un cliquet j^1 dont l'extrémité j^2 constitue une plaquette destinée à être tirée contre l'induit lorsque le courant passe dans l'électro.

Sur la face externe du ressort j^1 est prévu un ergot j^3 destiné à pénétrer dans une encoche du disque m^2.

Le plateau m^1 isolé portant les plots m contre lesquels s'appuient les contacts n^1 n^2 reliés aux bornes de l'appareil.

Dans une autre encoche de la roue m^2 s'engage l'extrémité recourbée d'un fil formant cliquet de retenue j^4.

Enfin, le ressort de rappel h ramène l'induit dans sa position initiale lorsque le courant est coupé.

Le fonctionnement de ce télérupteur est le suivant :

Lorsque le courant est lancé, la lampe j^1 étant attirée, par suite du champ magnétique, contre l'induit, par l'inducteur, l'ergot j^3 se dégage de la roue à encoches et l'induit peut ainsi osciller à l'encontre de l'action du ressort h, la roue à encoches m^2 restant immobilisée par le cliquet j^4. Lorsque le courant est coupé, la lame j^1 s'écarte de l'induit f, l'ergot j^3 pénètre dans une encoche de la roue m^2, et l'induit, dans sa course de retour, fait tourner ladite roue à encoches ainsi que le plateau porte-contact m^1, sans que le cliquet j^4 s'oppose à cet entraînement par suite de sa transformation.

Il en résulte donc que chaque fois que le courant sera lancé dans l'électro, le plateau porte-contact se déplacera d'un huitième de tour vers la droite. Les contacts n^1 n^2 porteront donc tantôt sur les plots m, tantôt sur le plateau isolé m^1.

L'électro-aimant branché sur un circuit basse tension fourni par des piles ou un petit transformateur (6 à 12 v) peut ainsi déterminer la fermeture ou l'ouverture d'un circuit de lampes électriques à 110 ou 220 v.

Il existe trois modèles :

N° 1 pour allumage simple, dans ce cas l'appareil peut faire marcher 1, 2, 3, 4 ou 5 lampes, mais toutes en même temps, commandées par autant d'endroits que l'on veut.

N° 2. Pour deux allumages, c'est celui représenté dans la figure, si l'on envoie une première fois le courant dans l'électro, la moitié de l'allumage (qui peut comporter 2 ou 3 lampes) marche, un second lancement dans l'électro actionne l'autre moitié, un troisième lancement éteint le premier allumage, un quatrième lancement éteint le tout (lustre).

N° 3 pour allumage alternatif. Dans ce cas on fait fonctionner deux lampes, mais jamais en même temps comme, par exemple, dans les chambres d'hôtel.

De ce qui précède, il ressort que cet appareil, qui donnera du cachet à l'installation, fait réaliser une économie de fil et de main-d'œuvre. Il diminue les risques de dérangement et de mauvais isolement, la longueur des fils lumière étant considérablement réduite.

Enfin, dans les campagnes où par économie de cuivre on est amené à installer les réseaux sous les tensions 220 380 v, il écarte tout danger d'électrocution.

La pose est extrêmement simple, car il suffit de raccorder d'abord à leurs bornes respectives les deux fils lumière et les deux fils sonnerie, puis de fixer l'appareil au moyen de vis sur le mur.

L'appareil fonctionne dans toutes les positions.

M. N.

LES PROGRÈS DE L'ÉLECTRICITÉ
EN AGRICULTURE

Les réunions récentes tenues à Bâle pour le second Congrès de la *World Power Conference*, ont permis de procéder à nouveau à la mise au point des nombreuses questions intéressant la technique et l'industrie; l'occasion a été donnée, pour qui a suivi les travaux de ces conférences, d'apprécier combien est grande l'importance prise par l'électricité, soit comme agent de transport et d'utilisation des énergies naturelles réparties géographiquement sur la planète, soit comme un actif et diligent serviteur des besoins du monde habité.

Pour aujourd'hui, c'est aux applications agricoles de l'électricité que nous consacrerons l'article suivant, tiré d'une analyse de neuf mémoires présentés à la réunion de Bâle de la « World Power Conference » sur les *applications de l'électricité à l'Agriculture*.

La quintessence de ces mémoires a été extraite en partie de l'*Electrician* du 17 septembre 1926, en partie dans le remarquable rapport consacré par M. E. Ringwald aux travaux de la Conférence de Bâle.

L'*Electrician* signale que la situation économique d'un pays est d'autant meilleure que ce pays est capable de mieux suffire par lui-même à ses besoins en produits alimentaires. Il déplore que la Grande-Bretagne soit handicapée à cet égard, par beaucoup d'autres pays et il convoite, en particulier, les applications signalées de l'électricité à l'agriculture par lesquelles se recommandent le Japon, l'Allemagne, la France, les États-Unis, etc..,

I. — États-Unis.

Il y a lieu d'être surpris de l'importance, encore assez réduite, que l'électricité a prise en agriculture aux États-Unis. Cela tient à la date plutôt récente à laquelle ont commencé les essais à grande échelle et surtout les essais d'irrigation. En 1920, 7 pour 100 des fermes américaines (soit 452 000 env.) pouvaient disposer du gaz ou de l'électricité, et c'est aujourd'hui 10 pour 100 de ces fermes qui sont électrifiées et capables de suffire à leurs besoins en éclairage et en énergie.

La Californie paraît être l'État le plus avancé au point

Digitized by Google

de vue des applications de l'électricité à l'agriculture, car 80 pour 100 de l'électricité produite est utilisée au pompage et à l'irrigation.

Cet heureux développement tient à ce que les distances ont été rapidement abolies, ou réduites dans de grandes proportions, entre les fermes et les sources d'énergie utilisables pour les divers services de ces fermes.

La consommation par ferme n'est pas encore très élevée, puisqu'elle atteint seulement 400 kw-h par an.

Aujourd'hui, s'est formé un Comité national destiné à faire une active propagande en faveur des applications à l'agriculture. On croit que ses efforts seront surtout couronnés de succès le jour où, comme en Californie, les réseaux se multiplieront ou se ramifieront pour réduire définitivement à de faibles valeurs les parcours qui restent à faire entre la ferme et la source électrique.

II. — Allemagne.

La proportion des fermes équipées électriquement atteint 90 pour 100 en Allemagne et, dans l'exercice 1925, leur consommation s'est élevée à 1 050 000 000 de kw-h, avec un maximum de charge de 400 000 kw, correspondant à la période des récoltes.

Si on rapporte la consommation totale annuelle d'énergie électrique due aux besoins agricoles au nombre des personnes vivant de l'agriculture en Allemagne, on arrive à une consommation de 50 kw-h et, sur les mêmes bases, le rapporteur suisse calcule que la consommation unitaire en Suisse atteint la même valeur.

III. — Suisse.

Si la consommation par tête est la même dans les deux pays, Allemagne et Suisse, l'avantage est à l'Allemagne en ce qui concerne la consommation à l'hectare.

C'est surtout la culture qui est l'élément de consommation le plus considérable, car on n'a pas encore développé autant qu'on le devrait, les applications au chauffage de l'eau, au chauffage domestique et à la cuisson, etc.

Une application intéressante, réalisée en Suisse aussi bien qu'en Allemagne, est le séchage électrique des foins qui déjà a fait l'objet dans l'*Industrie électrique* d'une étude consacrée aux recherches et aux réalisations de la Société Suisse Oerlikon.

Si la Suisse a été très accueillante pour les progrès de l'électricité agricole, elle a, néanmoins, refusé la traite des vaches au moyen de l'électricité, par intérêt pour le bétail, qui souffre un peu de l'appareillage de traite jusqu'ici essayé et pour des raisons qui seraient particulièrement appréciées de la Société protectrice des animaux.

Si, en dehors des considérations chères à cette Société, on veut bien admettre aussi les conditions proprement humanitaires, on considérera que la traite électrique est une garantie d'assainissement pour le lait, car les bactéries du lait se comptent par centaines de mille au cm³ lorsqu'on trait à la main, alors qu'on les compte par dizaines de mille seulement lorsqu'on fait la traite électrique.

Les expériences faites à Liebefeld, près de Berne, ont montré que les machines à traire, soigneusement entretenues, n'introduisaient dans le lait qu'un millier de bactéries par cm³, ce qui constitue un argument sérieux en faveur du lait destiné aux vieillards et aux enfants. Dans la fabrication du fromage, les bactéries jouent également un rôle important et la traite électrique paraît être désirable au point de vue de la fromagerie.

IV. — Japon.

Au Japon, le drainage et l'irrigation jouent un rôle considérable dans la culture du riz, et c'est l'élément de consommation le plus important d'énergie électrique dans l'agriculture japonaise. C'est dans l'élevage des vers à soie que les incubateurs électriques ont donné la plus complète satisfaction au point de vue économique.

Il est également fait appel à l'énergie électrique pour la production des thés, l'électrification ayant eu pour effet d'en augmenter considérablement la qualité, de réduire sensiblement les prix de revient et de rendre possible la production en masse qui offre pour le Japon tant d'avantages commerciaux.

V. — Angleterre et France.

L'Angleterre est un des rares pays qui, en dehors de l'intérêt manifesté en faveur de l'irrigation et du labourage électrique, suivent passionnément les essais tendant à faire de l'électroculture un moyen scientifique d'amélioration des récoltes. Le spécialiste bien connu Borlase Matthews a mis au point un mode artificiel de séchage des récoltes auquel s'attache un très grand intérêt. En France, 42 pour 100 de la surface totale du pays sont consacrés à l'agriculture et plus de 10 millions d'hectares pourraient être électrifiés avec avantage, d'autant plus certainement aujourd'hui que la main-d'œuvre agricole est rare et que la vie atteint des prix particulièrement élevés. Comme il a été très judicieusement indiqué au Congrès, le problème de l'électrification offre en France l'aspect d'un problème financier plutôt que d'un problème technique. Le concours de l'État et des producteurs permet d'espérer des réalisations prochaines.

VI. — L'Électroculture en général.

D'une façon générale et malgré la faveur que l'électroculture a trouvée en France, la lecture des mémoires présentés à la Conférence de Bâle interdit tout enthousiasme prématuré à l'égard de ces applications particulières; en effet, les résultats enregistrés ne concordent pas d'une façon assez nette pour qu'on puisse formuler des conclusions favorables défiant toute critique.

En Angleterre, les amateurs d'électroculture soumettent les plantes à un réseau distributeur de courant continu à haute tension, et il semble que le passage de

Digitized by Google

cette minime énergie électrique, entre le réseau et le sol, autour des plantes soumises aux essais, ait donné certains résultats, que favorise d'ailleurs la nature du climat anglais, particulièrement humide et chargé d'émanations salines.

Il résulterait des expériences relatées par le rapporteur français que, chez nous, on obtient de moins bons résultats avec du courant continu à haute tension qu'avec les courants de haute fréquence.

Il serait relativement facile de concilier, par des considérations sur les climats respectifs des deux pays, les expériences faites en France et en Angleterre. Malheureusement, si les rapports parvenus de ces deux pays, sont d'accord pour conclure à l'efficacité de l'électroculture et ne diffèrent que sur les meilleurs moyens de l'appliquer, les expérimentateurs allemands et suisses apportent une contribution beaucoup plus fâcheuse à la discussion, en déclarant que les résultats de leurs essais sont restés, jusqu'ici, absoluments négatifs.

VII. — Norvège.

En Norvège, la consommation annuelle d'électricité est assez développée et atteint 450 kw-h par tête, ce qui est dû au tarif perticulièrement favorable pratiqué par les Sociétés de distribution d'énergie électrique. En plus des applications qu'elle a en commun avec les autres pays, la Norvège a développé l'application du chauffage électrique pour le forçage des plantes par châssis et pour les abreuvoirs à bétail.

VIII. — Progrès réalisables dans la laiterie.

En plus de la traite électrique, qui rencontre encore des préventions, l'emploi des radiations ultra-violettes est considéré comme particulièrement avantageux par le rapporteur de la Conférence de Bâle. Le lait contient beaucoup de microbes indésirables au point de vue de la consommation dans la clientèle (surtout les enfants et les vieillards), indésirables aussi le plus souvent pour les fromageries. Or, les rayons ultra-violets sont particulièrement bactéricides, soit qu'on explique leur action par des phénomènes photo-chimiques, soit qu'on l'explique par des phénomènes vibratoires.

D'après l'auteur, et à la suite d'expériences effectuées par lui sur le lait, le cm^3 traité rapidement par les radiations ultra-violettes ne contient plus qu'une dizaine de bacilles, au lieu de 1000 qu'il contenait après la traite la plus soignée.

Sur l'eau d'alimentation, les rayons ultra-violets ont également un effet stérilisant et tout fait espérer la mise au point prochaine de dispositifs producteurs de radiations ultra-violettes propres aux diverses applications de la ferme. Parmi celles-ci on doit signaler les applications à l'*élevage des poussins*. C'est aujourd'hui, après l'expérience des États-Unis, un fait acquis pour l'élevage, que l'exposition des poussins à l'effet des rayons ultra-violets donne des résultats excellents.

Comme on n'a pas vu se répandre encore en France les applications réalisées en Suisse, pour le traitement des fourrages au moyen de l'électricité, on peut considérer comme une nouveauté pour la France ce mode de séchage artificiel si désirable, puisqu'il augmente de 20 pour 100 la valeur alimentaire dos fourrages et qu'il permet de sauver les récoltes quelles que soient les conditions atmosphériques pendant la moisson.

Mentionnons en passant le système Christofleau d'électroculture, utilisant l'électricité atmosphérique et signalons que l'exposition des plantes à la lumière électrique ordinaire, a, dans certaines conditions, donné des résultats remarquables dans les pépinières, résultats qu'il n'a pas été possible de constater et répéter par des essais à grande échelle et en campagne.

IX. — Recherches faites en Italie.

Pour terminer, signalons encore les curieux essais d'électroculture de MM. Alberto Pirovano et Vaprio d'Adda, particulièrement appliqués à la création de produits de jardinage tout à fait remarquables : raisins, melons, concombres, citrouilles, etc.

Le principe du procédé consiste à intervenir dès la floraison, et à traiter le pollen des fleurs au moyen d'un champ électrique susceptible d'apporter certains changements aux cellules actives des plantes et de préparer une germination particulièrement favorable.

Il reste évidemment certains phénomènes à expliquer, et, le jour où on les aura mieux expliqués et mieux compris, on peut prédire que certaines applications de l'agriculture tireront des profits merveilleux des travaux qui se poursuivent en tous pays, travaux dont la conférence de Bâle donne un raccourci intéressant à bien des égards.

Si on veut progresser rapidement dans la voie qu'indiquent les expérimentateurs, il faut, naturellement, que leur soient acquises les sympathies des fermiers, des financiers et des économistes, ainsi que l'intérêt, encore un peu tiède, des exploitants, producteurs et distributeurs d'énergie électrique. A. Z.

En France des efforts sérieux ont été faits un peu partout pour électrifier les campagnes mais on doit avouer que jusqu'ici les résultats financiers n'ont pas été fameux, il a fallu couvrir de lignes à haute tension en cuivre ou en aluminium de vastes étendues de territoire en ne trouvant comme compensation que des abonnés dont le nombre d'heures d'utilisation est plutôt faible, rémunérant ainsi trop faiblement le capital engagé.

N. D. L. R.

Digitized by Google

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 13 décembre 1926.

Prix décernés en 1926. — Parmi les nombreux prix décernés par l'Académie des sciences nous citerons :

Physique. — *Prix La Caze.* — Parmi les prix, trop peu nombreux, qui permettent à l'Académie des sciences de récompenser des travaux de Physique pure, le prix La Caze est le plus important : il est toujours donné à un physicien pour l'ensemble de son œuvre scientifique. M. Charles Fabry, professeur à la Faculté des sciences, le mérite depuis longtemps. Ce n'est pas seulement parce qu'il a fait ces belles recherches sur les interférences lumineuses à ondes multiples et sur les applications nombreuses qu'il a su leur trouver, recherches qui l'on fait connaître de tous les physiciens, à l'étranger comme en France : M. Fabry s'est occupé avec un égal succès d'autres questions, notamment de questions importantes de la physique des radiations qui souvent intéressent l'astronome autant que le physicien. Sur la photométrie visuelle ou photographique, la microphotométrie, la photométrie solaire et stellaire, la mesure des intensités des radiations dans un rayonnement complexe, la mesure de l'éclat moyen du ciel étoilé, la diffusion de la lumière par les gaz, l'absorption par l'ozone du spectre solaire ultraviolet, etc., il a jeté une grande clarté, il a indiqué des procédés nouveaux d'étude et apporté des résultats rigoureux, suscitant partout de nombreux travaux. On ne saurait enfin lui être trop reconnaissant de l'œuvre qu'il poursuit maintenant à cet Institut d'optique qu'il dirige et qu'il a fallu après la guerre créer de toutes pièces : Dès à présent, cette fondation se montre très utile à la fois à la Science et à notre industrie de l'optique appliquée. Mais il est inutile d'insister sur l'importance de cette œuvre : L'Institut a donné déjà, l'année dernière, à M. Fabry le prix Osiris. En le proposant cette année pour le prix La Caze que l'Académie des sciences décerne elle-même, et qui est mentionné dans nos *Comptes rendus*, la Commission voudrait profiter d'une occasion qui s'offre à elle de donner à ce savant une marque toute particulière d'estime.

Prix Hébert. — Ce prix annuel est attribué à M. Paul Bunet, ingénieur conseil, ancien élève de l'École de physique et de chimie, pour l'ensemble de ses travaux d'électrotechnique.

M. Bunet a publié de nombreux travaux dénotant une haute culture électrotechnique. Il a apporté de nombreuses contributions originales à la théorie des machines et à leur étude expérimentale : ses travaux sur les courts-circuits, les surtensions et la propagation des ondes sur les lignes ont été fort remarqués, ainsi que sa contribution à l'électrochimie et à l'électrométallurgie ; enfin, il a publié un excellent ouvrage sur les transformateurs.

Prix La Caze. — Ce prix a été attribué à M. Georges Weiss, doyen de la Faculté de médecine de Strasbourg.

Depuis l'année 1884 où il entra comme préparateur de la chaire de physique à la Faculté de médecine de Paris, tous ses travaux ont porté sur la physique biologique et ses applications à la médecine.

On lui doit nombre de recherches originales sur l'électrolyse des tissus, la résistance électrique du corps humain, le travail musculaire, l'optique physiologique, la chaleur animale et les échanges gazeux, etc.

Les deux grandes questions qui ont surtout absorbé l'activité de M. Weiss se rapportent aux phénomènes de la contraction musculaire et de l'excitation électrique.

M. Weiss a d'abord montré que l'excitation du nerf et la propagation de l'influx nerveux sont, dans leur essence même, des phénomènes d'ordre complètement différent de la contraction musculaire.

Cette dernière est un des phénomènes les plus mystérieux de la biologie.

Tous les auteurs en ont cherché la cause dans des changements se produisant dans la substance même du muscle.

Pour M. Weiss ce tissu ne serait que le support du phénomène qui produit la force de contraction, de même qu'un solénoïde n'est que le support du courant qui produit son raccourcissement indépendamment du métal dont il est fait.

La brièveté de cette communication ne permet pas de développer les raisons expérimentales motivant cette conception originale.

Poursuivant l'étude de l'Énergétique musculaire, M. Weiss a montré que les travaux de Chauveau sur ce sujet rentraient dans les lois générales de la mécanique, à condition de redresser certaines confusions de terminologie qui en rendaient la lecture difficile ou contradictoire.

Chauveau a du reste su gré à M. Weiss de cette mise au point de ses propres recherches.

La partie la plus originale de l'œuvre scientifique de M. Weiss se rapporte à l'excitation électrique des nerfs et des muscles.

Avant lui, nos seules connaissances sur ce sujet reposaient sur la loi de du Bois Raymond tirée de l'excitation produite par la fermeture ou par la rupture d'un courant continu; simple hypothèse se résumant en ces termes :

« L'excitation électrique est due à la variation d'intensité du courant traversant le nerf ou le muscle. »

On avait reconnu l'importance qu'il y a à déterminer tout d'abord les facteurs physiques de la décharge dont dépend l'excitation de cette courbe que l'on a appelée *caractéristique d'excitation.*

C'était, évidemment, le premier pas à faire, mais l'expérience démontra qu'on ne pouvait relier la valeur de l'excitation physiologique à la seule caractéristique d'excitation.

Il y avait un autre facteur bien plus important : *celui de la durée de la décharge comprise dans la période latente.*

A M. Weiss revient le mérite de l'avoir mis en lumière.

Ce n'était pas commode, car étant donné sa brièveté, il était très difficile de faire varier à volonté et d'évaluer le temps d'action de cette décharge.

M. Weiss y est arrivé à l'aide d'un excitateur spécial ; son pistolet pneumatique qui donne le temps en dix-millièmes de seconde.

Il put ainsi formuler la loi suivante qui porte son nom à l'étranger :

Pour arriver au seuil de l'excitation d'un nerf ou d'un muscle, il faut et il suffit que la décharge dans la période latente satisfasse à la formule

$$Q = a + bt,$$

Q étant la quantité d'électricité mise en jeu par la décharge;
t la durée de cette décharge ;
a et b dépendant de la nature du muscle et des conditions de l'expérience.

La voie ouverte par M. Weiss a été des plus fécondes.

L'ensemble de ses recherches, de ses publications, de son enseignement s'étendant sans discontinuité sur une période de plus de 40 années, ont décidé la Commission à attribuer à M. Weiss le prix La Caze pour l'année 1926.

Prix Henri Bazin. — Dans une série de publications, dont plusieurs aux *Comptes rendus* de l'Académie, MM. Léo Escande et Marcel Ricaud ont exposé les résultats de leurs recherches concernant la mécanique des fluides. Ces recherches ont eu pour but de vérifier, par l'expérience, des vues théoriques sur la similitude déjà connues et qu'ils ont précisées. Leurs études concernent les systèmes en charge et les systèmes

Digitized by Google

découverts soit dans le cas de la fluidité parfaite, soit dans le cas de la viscosité. Ils ont notamment cherché les conditions de compatibilité des lois de Reech et de Reynolds.

Ils ont opéré dans les conditions les plus variées, en procédant d'abord à la vérification des lois de la similitude dynamique, savoir :

Étude de la méridienne des veines liquides s'écoulant par un orifice circulaire horizontal;

Répartition des vitesses de l'eau comprise entre un cylindre immobile à axe vertical et un cylindre coaxial, mobile autour de son axe;

Phénomènes d'écoulement dans les coudes des conduites (similitude dans la répartition des pressions, dans les débits, dans la forme des filets liquides, dans les tourbillons);

Etude des barrages à déversoirs à seuil épais (forme des filets, répartition des vitesses, répartition des pressions le long des barrages, manifestant une dépression dans la partie supérieure aval et un maximum de pression dans la partie inférieure aval, à l'endroit où la vitesse de l'eau est maximum, circonstances qui favorisent les effets d'affouillement. En opérant sur un modèle réduit au 1/48,5, les auteurs ont pu appliquer leurs recherches à un barrage sur le Tarn d'un débit de 3000 m³ : sec, avec une hauteur de déversement de 30 m).

D'autres expériences ont porté sur la viscosité.

Les phénomènes qui se passent à l'aval d'un corps immergé dans un fluide en mouvement ont été l'objet des expériences de MM. Escande et Ricaud. Ils ont vérifié la loi de similitude pour les trajectoires et pour les vitesses, en tenant compte de rapports divers des coefficients cinématiques de viscosité. Ils ont pu, de la sorte, étendre au pétrole circulant dans des tuyaux, les résultats relatifs aux pertes de charge de l'eau dans les conduites.

Notons encore la vérification des conditions, d'après M. Hadamard, de la naissance des surfaces de discontinuité dans la masse fluide et son impossibilité loin de toute paroi. Les obstacles, par contre, peuvent faire naître des discontinuités et ils en ont étudié quelques exemples.

Suivant la méthode suivie par M. Camichel, les auteurs ont utilisé dans leurs observations l'entraînement au sein du fluide en mouvement de poussières brillantes d'aluminium, éclairées et photographiées durant des temps très courts. Chaque particule fournit de petits traits lumineux de longueurs proportionnelles à sa vitesse propre. Ces petites longueurs sont mesurables au moyen d'un micromètre spécialement construit à cet effet.

Cette méthode a fourni des résultats assez concordants pour qu'elle apparaisse comme acceptable, dans les circonstances expérimentales où se placent les auteurs. Il faut espérer que les objections que l'on a pu faire à cette méthode susciteront des vérifications expérimentales capables de la justifier définitivement ou de délimiter nettement son champ d'applications.

Quoi qu'il en soit, les travaux de MM. Escande et Ricaud constituent un appoint intéressant à l'hydraulique expérimentale, et la Commission estime que ces savants sont dignes de recevoir le prix Bazin pour l'année 1926.

Séance du 20 décembre 1926.

Valeur du potentiel à l'intérieur d'un faisceau d'électrons en mouvement, par Pierre Bricout.

Plusieurs expérimentateurs ont employé, pour exciter la luminescence des gaz, l'impact d'électrons produits par un filament incandescent se déplaçant dans l'espace compris entre une grille et une plaque portées toutes deux au même potentiel par rapport au filament. Nous nous sommes proposé d'étudier ici la répartition des potentiels entre les électrodes en tenant compte de la charge spatiale. Le rôle de celle-ci, étudié par Thomson et Langmuir, est d'autant plus important que la vitesse des charges électriques est plus faible : il devient très notable pour les électrons qui, accélérés par une différence de potentiel de quelques volts, excitent la résonance des gaz.

1° *Electrodes planes indéfinies.* — Un faisceau parallèle indéfini d'électrons dont l'intensité est I unités électrostatiques par centimètre carré de section droite traverse normalement une grille plane et se dirige vers une plaque parallèle à la grille et au même potentiel U_0 que celle-ci. Les électrons qui traversent les surfaces équipotentielles U_0 ont une vitesse V telle que l'on ait

$$\frac{1}{2} m V^2 = e U_0.$$

m étant la masse de l'électron et e sa charge. Nous supposerons que les surfaces équipotentielles sont des plans parallèles à la grille et à la plaque et que la distance de ces deux électrodes est égale à $2a$. La distribution des potentiels est donnée par l'équation de Poisson :

$$\frac{\partial^2 U}{dx^2} = 4\pi\delta = 2\pi\sqrt{\frac{2m}{e}}\frac{I}{\sqrt{U}}.$$

L'intégration de l'équation montre :

a. Que le courant électronique par unité de section droite ne peut dépasser la valeur

$$I_m = \frac{2\sqrt{2}}{9\pi}\sqrt{\frac{m}{e}}\frac{U_0^{\frac{3}{2}}}{ma^2} \text{ unités électrostatiques}$$

ou

$$I_m \text{ (ampères)} = 4{,}63 \times 10^{-6}\frac{U^{\frac{3}{2}}\text{(volts)}}{a^2\text{(cm)}},$$

b. Que le potentiel présente un minimum U_m à égale distance de la grille et de la plaque définie par

$$U_m = U_0 \cos^2\frac{\omega + 2\pi}{3}$$

et

$$\omega = \arccos\left(\frac{9\pi}{2}\sqrt{\frac{2m}{e}}\frac{I a^2}{U_0^{\frac{3}{2}}} - 1\right) \qquad (0 \leq \omega \leq \pi).$$

Pour

$$I = I_m, \qquad U_m = \frac{U_0}{4},$$

$$I = \frac{I_m}{2}, \qquad U_m = \frac{3U_0}{4},$$

$$I = \frac{I_m}{10}, \qquad U_m = 0{,}954\,U_0.$$

2° *Electrodes cylindriques coaxiales.* — La source, qui émet les électrons sans vitesse initiale, est située sur l'axe commun de deux cylindres. Le cylindre interne qui peut être traversé par les électrons (toile métallique) a un rayon r et au potentiel U_0 par rapport à la source; il arrête tous les électrons qui traversent le cylindre interne et recueille ainsi par unité de longueur un courant d'intensité I. L'équation de Poisson

$$\frac{d^2 U}{d\rho^2} + \frac{1}{\rho}\frac{dU}{d\rho} = 4\pi\delta = \frac{2I}{\rho\sqrt{\frac{2e}{m}U}}$$

peut être intégrée par approximations successives. La première approximation, qui consiste à poser dans le deuxième membre de l'équation $U = U_0$ (c'est-à-dire à admettre que la densité est en raison inverse de la distance à l'axe), suffit dans la plupart des cas réalisés pratiquement. On trouve

Digitized by Google

alors que le potentiel présente, à une distance de l'axe égale à

$$\rho_1 = \frac{r - R}{\text{Log}\,\frac{r}{R}},$$

un minimum dont la valeur est égale à

$$U_{min} = U_0 + \sqrt{\frac{2m}{e\,U_0}}\,\frac{I}{\text{Log}\,\frac{r}{R}}\left[r(1 + \text{Log}R) - R(1 + \text{Log}r) + (R - r)\,\text{Log}\left(\frac{r - R}{\text{Log}\,\frac{r}{R}}\right)\right].$$

Pour une valeur donnée de I et de U_0, le minimum est d'autant plus prononcé que la distance des électrodes est plus grande. Même pour un appareil de dimensions exiguës, il est déjà appréciable. Pour une triode ordinaire de T.S.F. où $r = 0{,}2$ cm, $R = 0{,}5$ cm, on trouve que, si $U_0 = 5$ volts (tension de résonance du Hg) et $I = 8 \times 10^{-4}$ ampère : cm, le minimum du potentiel dans l'espace grille-plaque est $U_m = U_0\,(1 - 0{,}075)$. Si l'on emploie l'un des deux dispositifs décrits ci-dessus à la détermination des potentiels de *résonance* d'un gaz, on pourra constater, ainsi que l'a fait Eldridge (1), que, lorsqu'on accroît progressivement la vitesse des électrons excitateurs, la luminescence se montre d'abord au voisinage des électrodes limitant l'espace qui sépare la grille de la plaque.

Il semble donc que la méthode de détermination des potentiels de résonance par choc électronique doive être employée avec une certaine circonspection et après s'être assuré, qu'avec la disposition d'électrodes employée, le courant électronique est suffisamment faible pour que la constance du potentiel aux différents points du gaz soumis à l'observation soit pratiquement assurée.

Sur la tension superficielle des liquides isolants soumis au champ électrique, par MM. G. Bruhat et M. Pauthenier.

Un grand nombre d'expérimentateurs ont recherché si la tension superficielle A des liquides isolants soumis à un champ électrique E est modifiée; récemment encore la question a été reprise.

La conclusion des meilleurs travaux est que la tension superficielle n'est pas modifiée, ou du moins que la modification relative de A, si elle existe, est inférieure à 1/300 ou 1/400 dans les champs les plus élevés que permette le dispositif expérimental.

On peut montrer par un calcul thermodynamique que la tension superficielle A est indépendante du champ E. (Suit le développement mathématique de la question.)

Sur le mécanisme de l'interrupteur électrolytique, par M. G. Colange.

Les interrupteurs électrolytiques connus jusqu'ici se ramènent à deux types : l'interrupteur Wehnelt où l'étincelle jaillit entre une anode métallique et le liquide environnant, puis l'interrupteur Simons où le voltamètre est divisé en deux parties par une cloison mince percée d'un trou étroit où se produit le phénomène.

On peut également obtenir des interruptions en procédant de la manière suivante.

Dans un tube en U dont la partie horizontale présente une assez grande longueur (15 à 20 cm) et dont le diamètre est de 5 mm, on fait l'électrolyse d'une solution d'acide sulfurique étendu.

Au début l'opération se passe normalement, puis le liquide s'échauffe et, au moment de l'ébullition, il se forme une bulle très allongée qui occupe complètement la section du tube. Au bout de quelques instants la bulle diminue brusquement de longueur et se décolle partiellement du bas du tube en ne le touchant plus que suivant une ligne normale aux génératrices. La bulle prend alors un état d'équilibre qu'elle peut garder plusieurs heures.

Le liquide se trouve de ce fait divisé en deux parties complètement séparées par la bulle; en haut de la section du tube elles sont distantes de quelques millimètres, en bas seulement de quelques centièmes de millimètre.

A cet endroit, sur toute la longueur de la ligne de séparation, jaillissent de petites étincelles très nombreuses qui permettent au courant moyen de garder une valeur à peu près constante (environ 10 milliampères pour une différence de potentiel de 110 v).

Une augmentation de tension rend les étincelles plus fortes; et vers 300 ou 400 v elles forment une ligne lumineuse continue qui réunit les deux nappes liquides par leur partie inférieure. Pour des tensions de cet ordre, la bulle, qui a alors une forme assez allongée, touche parfois le bas du tube suivant deux lignes bien distinctes et divise ainsi le liquide en trois parties.

Si l'on augmente encore la tension (vers 700 ou 800 v), un phénomène nouveau apparaît et vient se superposer à celui qui vient d'être décrit.

Au bout de quelques minutes, en effet, une étincelle plus violente se produit, et en même temps le volume de la bulle se réduit brusquement. Il recommence ensuite à augmenter jusqu'à ce qu'une nouvelle étincelle produise une diminution rapide, et ainsi de suite.

Ces explosions sont de plus en plus fréquentes à mesure que la tension augmente.

Ceci peut s'expliquer partiellement si l'on fait les remarques suivantes.

Dans le premier cas, la bulle contient un mélange de vapeur d'eau et de gaz. La proportion de gaz dans le volume total augmente d'ailleurs avec le temps. En effet, si l'on interrompt l'expérience au bout de quelques minutes, le volume de la bulle diminue considérablement en se refroidissant. Si l'on attend une journée pour couper le courant, après refroidissement la bulle garde un volume beaucoup plus grand que précédemment. D'autre part, le gaz contenu dans la bulle se compose d'hydrogène sans quantité appréciable d'oxygène, car on n'a pu obtenir aucune diminution de volume, soit par de puissantes étincelles condensées, soit par le pyrogallate de potasse.

Pour des tensions élevées, la proportion de gaz dans la bulle augmente rapidement ainsi qu'on a pu le constater par des mesures après refroidissement. De plus l'oxygène apparaît, et sa proportion dans le mélange $H + O$ croît également avec la tension, ce qui permet les explosions périodiques indiquées plus haut.

On a donc un appareil qui, pour des tensions inférieures à 600 ou 700 v, donne des interruptions en ne consommant qu'un courant très faible. Pour des tensions plus élevées, en outre de ces interruptions, on a un autre phénomène qui semble être de même nature que le phénomène de Wehnelt, tout en étant beaucoup plus lent, ce qui permettra de l'observer plus facilement.

(1) *Physical Review*, 23, 1924, p. 687.

Digitized by Google

REVUE DE LA PRESSE

MESURES ET ESSAIS

Essais des câbles par courant continu à haute tension. — Faisant suite au précédent article paru sur ce sujet (1), on trouvera ci-dessous la description d'un poste portatif d'essai de câbles par courant continu à haute tension (2) qui a fonctionné en permanence depuis son installation qui remonte au début de l'année 1925.

La basse tension 220 v à courant alternatif 50 per : sec est fournie par un alternateur monophasé couplé avec un groupe

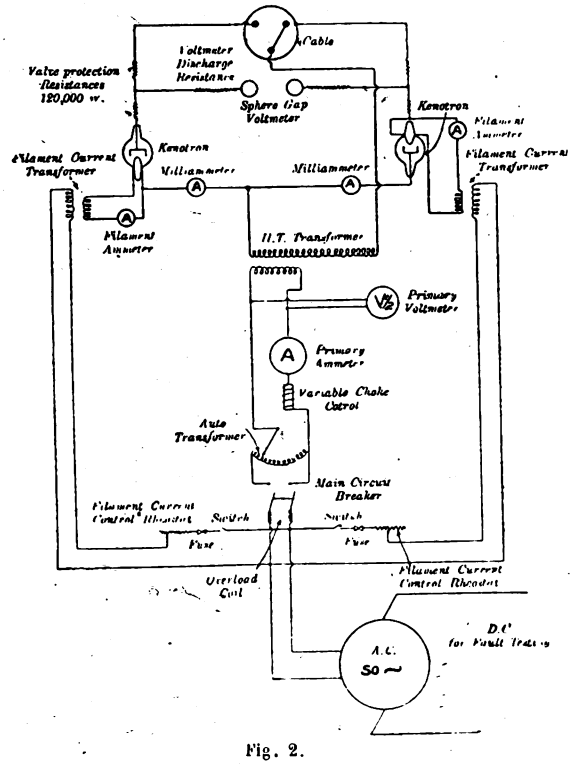


Fig. 2.
Schéma du poste portatif.

électrogène à 4 cylindres, 10 ch. Cet alternateur porte également un collecteur qui lui permet de débiter du courant continu à 310 v pour la recherche des dérangements. Le schéma du redresseur est donné figure 1. La basse tension alternative passe à travers un auto-transformateur avant d'attaquer le primaire du transformateur élévateur. On remarque également qu'une bobine de self inductance à noyau de fer variable limite le courant possible de court-circuit à une valeur déterminée à l'avance. Le transformateur est prévu pour débiter en permanence 5 kv-a (220/75 000 v) avec une tolérance de surcharge de 150 milliampères pendant 30 minutes (125 pour 100).

L'alimentation des filaments est faite à travers des transformateurs abaisseurs 220/8 v à réglage par résistances sur le primaire. Il est important de chauffer ces filaments exactement sous l'intensité prescrite par le constructeur, sous peine de les voir débiter le quart seulement de leur puissance. Ce chauffage détermine, en effet, le dégagement électronique du filament, dont dépend directement l'impédance interne de la valve. Par ailleurs, un chauffage excessif fait supporter un courant trop élevé à la plaque anodique qui peut se détériorer facilement.

Un milliampèremètre à courant continu, intercalé du côté « débit » des tubes, permet d'en vérifier les intensités de charge et de fuite et de faire des observations continuelles sur les résistances d'isolement à mesurer.

Un fil très résistant (0,25 mégohm) en série avec chaque tube prévient tout accident que pourrait entraîner une surcharge ou une rupture instantanées.

Un voltmètre à sphère est branché, suivant le schéma, entre les points milieu de la résistance de chaque polarité. Ce limiteur de tension était prévu initialement pour fonctionner avec un dispositif de décharge des câbles en essai ; mais il peut présenter un certain danger, comme on le verra plus loin. Les mesures de tension sont effectuées par un appareil Abraham Villard à lecture directe, gradué jusqu'à 120 000 v.

Tous les organes de ce poste d'essai mobile sont répartis dans une remorque qui peut être tirée par tracteur ou par cheval. (Voir fig. 2.)

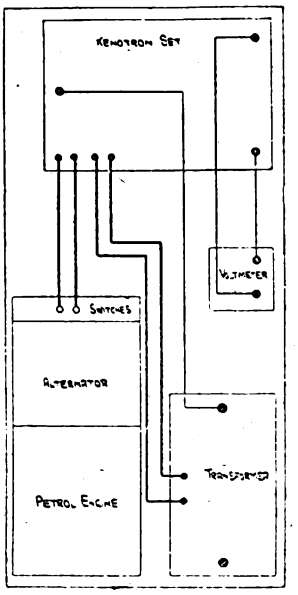


Fig. 2.
Disposition de l'appareil portatif sur une voiture.

Les bornes haute tension de raccordement au câble à essayer sont situées sur le toit de cette remorque.

En exemple des services rendus par une station mobile de ce genre, on cite une série d'essais effectués sur une longueur de 15 km de câble à 3 conducteurs par 22 000 v, de section unitaire de 39 mm². Le poste fut amené à l'extrémité du câble qui se trouvait à l'air libre, dans la campagne, à 5 km de toute source électrique fixe. Un essai de tension (75 000 v entre conducteurs et entre chaque conducteur et la terre) dura 14 minutes. Le courant de fuite atteignit 0,95 milliampère sur chaque kénotron. La résistance d'isolement était alors de 40 mégohms, soit une moyenne de 600 mégohms par kilomètre.

On trouvera ci-dessous résumées, les différentes phases de l'expérience.

Charge du câble. — A la fermeture du circuit de courant alternatif, la tension continue initiale aux bornes du câble est nulle, et monte graduellement, au fur et à mesure que la capacité constituée par le câble se charge. On note donc un courant de charge élevé pendant les quelques premières secondes, dont l'importance atteint environ 10 ou 20 fois celle du courant de fuite, une fois la charge effectuée.

Afin d'éviter un appel trop brutal de cette intensité de charge, la tension alternative n'est appliquée que progressivement au primaire du transformateur élévateur. Au début, elle n'est que 1/3 environ de sa valeur finale. La charge totale du câble est atteinte, de cette façon, en 2 ou 3 minutes, avec toute la sécurité voulue.

Décharge du câble. — Il est important de ne pas décharger le câble brutalement, en le raccordant par exemple à la terre, après avoir retiré la source de courant continu à haute ten-

(1) Voir l'*Industrie Electrique*, du 10 janvier 1927, p. 5.
(2) *The Electrical Review*, 10 sept. 1926, par M. Allen.

Digitized by Google

sion. Il pourrait se produire, dans ce cas, des perturbations graves. Au cours d'un essai, un claquage accidentel ayant eu lieu entre les bornes haute tension, une oscillation de courant prit naissance dans les appareils, et se retrouva dans le côté basse tension des appareils où elle provoqua une violente étin-

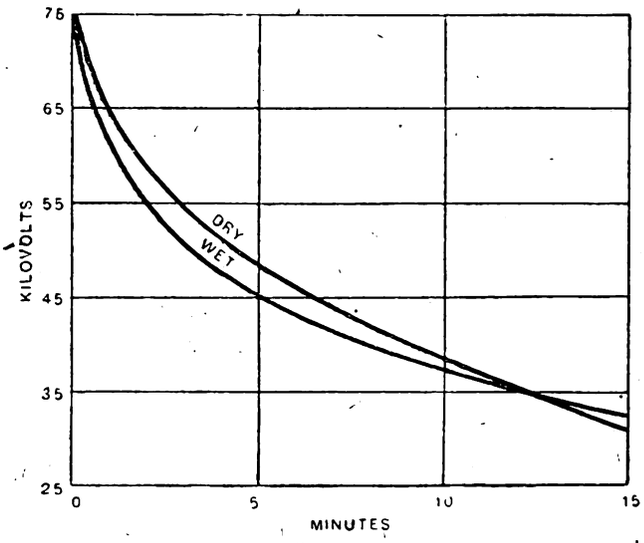


Fig. 3.
Courbes de décharge du câble.

celle aux bagues de l'alternateur d'alimentation, et la rupture de plusieurs lampes d'éclairage du voisinage.

On pensait pouvoir utiliser le voltmètre à boule pour décharger le câble. Chaque sphère fut raccordée à un crayon de charbon d'une résistance effective de 1 mégohm. Le contact des sphères, dans ces conditions devait amener un courant de décharge maximum du câble de 0,038 ampère. Cette méthode fut d'ailleurs utilisée avec succès en plusieurs circonstances. Mais elle se révéla dangereuse lors de l'essai des 15 km de câble susmentionné. Il se produisit, en effet, une explosion qui pulvérisa le crayon de charbon et son support isolant d'ébonite, en en projetant les morceaux à quelques mètres. Le simple calcul ci-dessous explique le phénomène :

Capacité de 15 km de câble : C = 2,5 mF.
Tension appliquée : E = 75 000 V.

Energie emmagasinée dans le diélectrique (non compris l'absorption).

$$W = 1/2\, CE^2 = 7\,000 \text{ Joules.}$$

Si, donc, le temps de décharge est assez long (1 seconde par exemple), l'énergie est restituée avec une puissance moyenne de 7 kw, ce qui suffit parfaitement à justifier la force de l'explosion survenue.

Cet accident conduisit à rechercher une autre méthode de décharge qui fut la suivante : Une grosse masse de bois repose à terre. A 1 m au-dessus du sol, elle porte un conducteur en cuivre nu, sur lequel, au moyen d'un manche isolant, on amène en contact le conducteur chargé. La décharge s'effectue lentement à travers le bois; elle peut durer 2 à 3 minutes.

La première décharge ayant été effectuée, le fil de mise en court-circuit doit être maintenu pendant très longtemps. Son retrait provoquera la naissance d'une tension aux bornes du câble. Au contraire, son maintien favorise l'écoulement des charges statiques à l'intérieur du diélectrique, par conduction. Steinmetz a traité très complètement ces questions, et il était intéressant de comparer les résultats observés à ses théories.

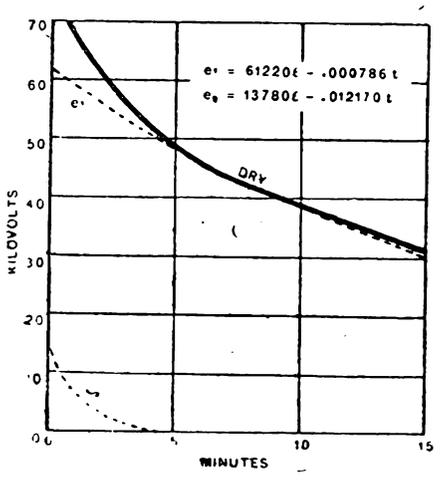


Fig. 4.

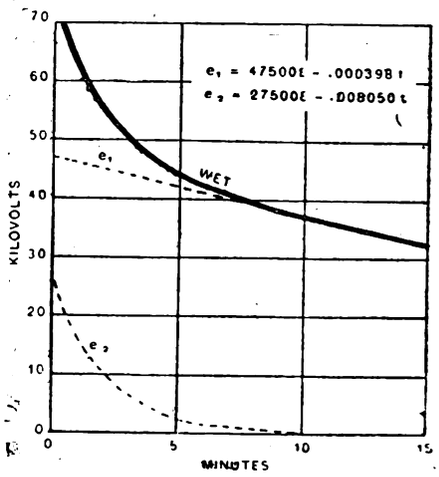


Fig. 5.

Analyse des courbes.

Charge réactive du câble. — Le diagramme de la figure 3 montre 2 courbes se rapportant à 2 journées d'expérience, respectivement sèche et humide et qui montre la loi de décharge du câble en fonction du temps et de sa charge. Si l'on applique la vieille théorie de la « résistance d'isolement par perte de charge », à ces courbes, les résultats calculés ne sont pas d'accord avec les valeurs connues des résistances d'isolement. Mais si l'on analyse ces courbes à l'aide des théories de Steinmetz, on aboutit à des résultats tout différents.

Les figures 4 et 5 donnent les courbes exponentielles résultant de 2 composants dont la résultante correspond bien aux courbes expérimentales des décharges de la figure 3.

La courbe « Wet » [Humide] = $E = e_1 + e_2$

$$= 27.500\varepsilon^{-0,008050\,t} + 47,500\varepsilon^{-0,000398\,t}$$

Pour $t = 0$ $E = 75.000$.

La courbe « Dry » [sec] $E = e_1 + e_2$

$$= 13.780\varepsilon^{-0,012171\,t} + 61.230\varepsilon^{-0,000786\,t}$$

Les résultats ci-dessus ne sont pas d'une précision absolue, car les observations faites au cours de l'essai ne tardaient pas particulièrement à les établir. En sorte que certains facteurs, utiles à une plus grande précision, ont été négligés. En outre, la signification physique exacte de ces chiffres n'a pas encore été donnée d'une façon satisfaisante. Mais il est

Digitized by Google

certainement d'un gros intérêt de les relever, car en leur appliquant les idées de Steinmetz, ils ouvrent une nouvelle voie à l'étude des diélectriques sous hautes tensions à courant continu (recherches sur leur absorption, charge résiduelle, et surtout, analyse de leurs courbes de charge qui peut donner la vraie valeur des résistances d'isolement).

Conclusions. — 1. L'expérience a montré que le système redresseur à valve à haute tension peut fournir des postes d'essai à haute tension mobiles, très pratiques.

2. Ce système semble donc tout indiqué pour les essais de câble déjà installés, d'une certaine longueur.

3. Il permet, enfin, une étude intéressante des propriétés des diélectriques, si cette étude est faite à la lumière des théories de Steinmetz. J. M.

Sur la mesure des grandes résistances électriques. — Les progrès de la T. S. F. et l'usage de plus en plus répandu des lampes valves dans les appareils de mesure de laboratoire ont conduit à l'emploi de grandes résistances, qui sont de l'ordre de 50 000 à 100 000 ohms, ou de l'ordre de quelques mégohms. On peut mesurer ces résistances par diverses méthodes. M. Guében a proposé récemment (*Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, juin 1926) la suivante, qui lui a donné de bons résultats :

Une résistance connue variable est placée en série avec un galvanomètre et une force électromotrice. Le galvanomètre accuse un certain courant. La résistance inconnue est mise ensuite en parallèle avec la résistance connue et on fait varier celle-ci jusqu'à obtenir la même lecture au galvanomètre.

Si x est la valeur de la résistance inconnue, R la valeur initiale de la résistance connue, R' sa valeur finale, on a évidemment :

$$R = \frac{xR'}{R + R'}$$

d'où :

$$x = \frac{RR}{R' - R}.$$

Afin d'augmenter la sensibilité, en employant le galvanomètre à son maximum de sensibilité, on peut en faire une méthode de zéro. Il suffit de placer en dérivation sur le galvanomètre un circuit formé d'une force électromotrice et d'une résistance variable quelconque (résistance à fiche, à curseur, à eau). On règle cette résistance variable de manière que le galvanomètre reste au zéro avant l'introduction de la résistance inconnue. Dès que celle-ci est introduite, le galvanomètre accuse uniquement la variation de courant due à cette introduction et, en agissant sur la résistance R, on ramène le galvanomètre au zéro.

La discussion de la méthode montre que l'erreur théorique est proportionnelle à la résistance inconnue et à une somme qui contient comme terme notamment la résistance R. Théoriquement il faut donc donner à cette résistance la valeur la plus petite possible; pratiquement, si l'on veut obtenir une certaine précision dans les derniers chiffres, on ne peut pas descendre en dessous d'une certaine valeur qui dépend de la résistance inconnue.

Voici quelques exemples de résultats que la méthode permet d'obtenir.

1° Résistance de l'ordre de grandeur de 50 000 ohms :

$R = 4000$ ohms	$R' = 4286$ ohms	$x = 59\,944$ ohms
	4286,5 —	
	4286 —	
$R = 5000$ ohms	$R' = 5455$ —	$x = 59\,045$ —
	5456	
	5455,5	

2° Résistance de l'ordre de grandeur du mégohm :

$R = 10\,000$ ohms	$R' = 10\,052$ ohms	$x = 1\,953\,077$ ohms
	10 052,5 —	
	10 052 —	
$R = 20\,000$ ohms	$R' = 20\,209$ ohms	$x = 1\,953\,875$ ohms
	20 208 —	
	20 209,5 —	

A. B.

ÉCLAIRAGE

Sur l'analyse des lampes électriques. — M. H. Dackweiler donne le résultat de nombreuses analyses qu'il a faites sur des lampes électriques du commerce (*Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, mars 1926). Le verre de toutes les lampes est du verre au plomb. On peut d'ailleurs le reconnaître facilement en le chauffant en flamme réductrice. Le plomb réduit apparaît aussitôt, noircissant le verre. Les dimensions du filament se mesurent facilement au microscope à l'aide d'un oculaire micrométrique. Les stries, dues à l'action de la filière sur les filaments étirés, sont facilement visibles à l'œil et sur les nombreuses photographies que l'auteur a prises.

Lorsque le filament est en spirale, le pas est généralement égal au double diamètre du filament, c'est-à-dire qu'entre deux spires l'espace est égal à ce diamètre, dans les lampes neuves. Il n'en est plus de même dans les lampes usagées : la spirale se dilate et c'est une des causes de la diminution du pouvoir éclairant.

L'examen chimique du filament, ou plutôt la vérification de sa pureté, se fait facilement par calcination au four électrique et formation de WO^3. Les résultats, obtenus cependant sur des quantités de quelques centigrammes parfois, ont toujours été presque parfaitement théoriques.

Les tiges d'amenée du courant et l'intérieur des lampes sont en fer ou, plus souvent, en nickel.

Les filaments rigides, piqués dans la tige centrale en verre, qui soutiennent le filament éclairant sont toujours en molybdène. La réaction la plus simple pour identifier ce métal consiste à l'introduire dans une flamme incolore. Celle-ci se colore aussitôt en vert blafard. Au spectroscope, cette coloration, très caractéristique à l'œil, se montre formée de deux larges bandes verte et rouge. Elle ne peut donc être confondue avec la flamme verte du cuivre, qui ne donne rien dans le rouge.

L'entrée du courant à travers le verre est toujours faite à l'aide du borure de cuivre.

Le plus souvent les lampes sont remplies d'argon, parfois d'azote à la pression de 5 à 7,5 dixièmes d'atmosphère.

La récolte du gaz se fait en cassant sous l'eau la pointe de la lampe et en chassant ensuite, à l'aide d'un mouvement de va-et-vient, le gaz dans un ballon, d'où il est facile de le transvaser. A. B.

INSTALLATIONS

La mise à la terre des objets métalliques. (*The Electrician*, 24 septembre 1926.) — L'article ci-dessous a pour but de montrer les quelques difficultés que l'on peut rencontrer dans l'exploitation d'un réseau de distribution d'énergie électrique par les mises à la terre, dont l'exécution a toujours donné lieu à tant de controverses.

La raison de la mise à la terre des objets métalliques autres que les conducteurs, est d'assurer, sans danger, et en tous temps, leur décharge immédiate; l'auteur examine la nature des risques à courir par la mauvaise observation de ce principe. Ces risques sont : le feu et l'électrocution. On peut admettre, pratiquement, que l'élimination du second entraîne celle du premier.

Digitized by Google

Les appareils devront donc être prévus pour se décharger en permanence, sans offrir aucun danger d'électrocution. On y arrive pratiquement en donnant aux bobines l'équilibre du réseau, des caractéristiques telles que lors d'une perturbation d'amplitude déterminée à l'avance, elles soient traversées par un courant de retour par la terre qui les actionne.

Examinons les chemins possibles pour le courant perturbateur et les obstacles qu'il peut y rencontrer. Si l'on prend le cas simple d'un réseau à courant continu à 3 fils avec neutre à la terre, ces obstacles sont constitués par des résistances en série, dont l'effet total tend à réduire le courant de circulation entre le point faible et le fil neutre du réseau. En partant de ce point faible, on rencontre : 1. La résistance. 2. La résistance de ses connexions de mise à la terre. 3. La résistance de la terre. 4. La résistance de la terre du fil neutre. 5. La résistance des connexions de mise à la terre du fil neutre. 6. Toute résistance intercalée entre le fil neutre et la terre.

Étant donné que le but poursuivi est d'éviter une mauvaise terre, il convient de négliger 1 ; il en est de même de 2 et 5 si l'on admet que les connexions de mise à la terre ont été correctement effectuées. Il ne reste donc que 3 résistances différentes en série : r_1 représentant celles des connexions de mise à la terre de la pièce métallique; r_2 celle du fil neutre et r_3 celle de la résistance limiteur d'intensité. Si l'on admet une mauvaise terre et un endroit quelconque, l'intensité du courant perturbateur sera donnée par $\frac{E}{r_1 + r_2 + r_3}$; si l'on ne fait pas intervenir les bobines d'équilibre ou les fusibles, cette valeur sera la plus forte qui aura à supporter le circuit de mise à la terre.

D'après l'expérience de l'auteur, la sécurité des réseaux avec mise à la terre, repose entièrement sur les fusibles et les disjoncteurs, en sorte que l'alimentation n'est coupée que pour une intensité correspondant à 2 fois celui de la pleine charge normale. Dans une installation de quelque importance, on conçoit donc que la valeur de $r_1 + r_2 + r_3$ doive être très faible.

Dans la pratique courante, on rencontre, le plus souvent, le cas d'abonnés raccordés à un réseau de distribution ne leur appartenant pas, et dont ils ignorent les caractéristiques; r_2 et r_3 sont seulement connues du personnel technique de ce réseau. L'abonné peut uniquement connaître sa résistance r_1 pour ses propres questions de mise à la terre. Mais dans certaines régions, et aussi en certaines saisons sèches, une valeur convenable de r_1 est difficile à établir et à maintenir; elle revient en outre très cher; il n'est donc pas surprenant que la valeur $\frac{E}{r_1 + r_2 + r_3}$ du courant perturbateur soit insuffisant à faire jouer les dispositifs de sécurité. On a souvent fait l'expérience de mettre en contact avec la terre l'un des conducteurs d'un réseau, sans parvenir à faire automatiquement couper le circuit, en dépit de bonnes prises de terre principales.

L'auteur rapporte un cas curieux d'électrocution au contact d'un hauban de pylône. Le personnel du réseau de distribution ignorait un point faible de la ligne; le poteau était mis à la terre, et le hauban solidement amarré au sol. En dehors du poteau et du hauban il n'existait aucun autre circuit métallique relié à la terre dans les environs; en outre, le sol était sec. Le hauban ne se trouvait pas directementl raccordé au fil de terre; le point faible étant sur l'une des consoles, il se trouvait en contact électrique avec le poteau.

L'intensité du courant perturbateur n'a pas été connue (tension de distribution 440 v, en courant alternatif). Mais elle ne devait pas être vraisemblablement élevée, quoique, malgré la nature du sol, le hauban ait causé un accident mortel. L'auteur confesse qu'il ne s'explique pas les faits; il est évident, cependant, que l'intensité maximum qui traverse les appareils de mise à la terre est un facteur important; il est donc nécessaire d'établir d'abord les règles qui le concernent. Ayant donc déterminé les procédés par lesquels le point faible sera relevé et isolé, sans porter préjudice aux abonnés de la même ligne de distribution, on doit examiner les risques d'électrocution possibles, pour le courant perturbateur maximum. On a raisonné jusqu'alors sur le circuit de terre. Mais les appareils de mise à la terre peuvent être considérés comme un circuit complémentaire destiné à réduire, jusqu'à la rendre négligeable, l'intensité du circuit défectueux supposé existant. Leur fonction est alors d'éliminer, ou tout au moins, de limiter les courants de fuite dans certaines directions.

On peut considérer l'ensemble comme un circuit à 2 branches, l'une étant constituée par l'ensemble des appareils de mise à la terre, et l'autre par la combinaison d'un corps humain (en contact avec le point mis à la terre accidentellement) et le milieu intermédiaire entre ce corps et la terre (la jonction se faisant par la terre). Le but est d'éliminer les possibilités d'électrocution dans la dernière branche. Soit y la résistance entre les appareils de mise à la terre et la terre elle-même, k celle du corps humain en contact avec le défaut, et x celle du milieu entre le corps et la terre. Si I est le courant de fuite maximum, et t l'intensité limite que peut supporter le corps fermant la seconde branche, la condition de sécurité est donnée par : $y < \frac{t(k+x)}{I-t}$.

Si cette condition se trouve réalisée en toutes circonstances, la protection du système de mise à la terre contre l'électrocution est satisfaisante. L'auteur estime que la valeur à donner à t ne doit pas excéder 20 m.-a. Celle de k peut énormément varier, mais doit cependant être élevée. L'auteur l'estime à 5000 Ω.

Le choix d'une terre convenable dans les essais de mesure est extrêmement important. On considère souvent les conduites d'eau comme excellentes; mais très souvent à tort.

J. L.

Electrification de chemins de fer au Danemark et en Hongrie. (*The Electrical Review*, 31 décembre 1926.) — L'électrification d'un chemin de fer danois privé (Amagerbanen) est à l'étude. Il serait assuré d'un appui financier municipal et gouvernemental. On espère que les lois nécessaires seront votées lors de la prochaine réunion de Rigsdagen, qui détient les pouvoirs utiles.

Selon le *Commerce Reports*, un groupe financier anglais viserait à entreprendre l'électrification du tronçon des chemins de fer nationaux hongrois qui relie Budapest à Esztergom sur la voie de Vienne (46 km). Le projet a été accueilli favorablement par le gouvernement. On estime à 55 le nombre de locomotives nécessaires au nouveau trafic qui résultera de ces travaux; leur prix serait de 16 500 000 couronnes or. Les équipements accessoires nécessaires et la station centrale génératrice représentent de leur côté 260 000 000 couronnes papier. D'après les termes du contrat, la préférence devra être accordée aux industriels nationaux pour la fourniture et l'installation de tout le matériel. Au cas où l'ensemble des travaux serait convenablement menés, l'exploitation de ce tronçon de lignes pourrait commencer dans le courant de l'année 1927. L'électrification jusqu'à Hatvan (69 km de Budapest) serait ensuite envisagée.

J. M.

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

91 116. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris. — 1927

Digitized by Google

36e Année. — N° 831 10 Février 1927.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTEUR EN CHEF
ALFRED SOULIER
Le 2e vendredi de chaque mois de 15 h. à 16 h.

ABONNEMENTS
Paris et Départements : 30 francs par an.
Union postale : 40 francs par an.

ADMINISTRATION
9, rue de Fleurus, 9. — Paris (VIe)
TÉLÉPHONE :
Ségur 04-23 et Ségur 04-44.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction au Rédacteur en Chef, 9, rue de Fleurus.

Pour toute demande de numéros de L'Industrie Électrique *on est prié de joindre, à la demande, le montant de l'envoi, en timbres-poste ou en mandat postal.*

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — Le 20e anniversaire de la mort d'Hospitalier. — Conférences d'actualités scientifiques et industrielles. — Radiotéléphonie transatlantique. — L'essai dynamique des rotors d'alternateurs et de turbines hydrauliques. — Un nouveau radiogoniomètre à lecture instantanée. — Projets d'électrification en Hongrie. — L'industrie téléphonique en Espagne. — La participation anglaise au trust international de l'acier. — Une liaison téléphonique Londres-Vienne. — Un câble sous-marin Italo-portuguais. — Électrification de chemins de fer aux États-Unis. — Entreprises américaines en Pologne. 49

ÉTUDE SUR LES INTERRUPTEURS DANS LE VIDE. J. M. 53

LES ACCUMULATEURS DE TRACTION. L. Jumau. 55

LA LAMPE DE T.S.F. MIXTE-GRILLE. J. L. 64

LES ÉLECTRO-AIMANTS DE LEVAGE. J. M. 66

COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES. — Loi de distribution des orages magnétiques et de leurs éléments. Conséquence à en tirer sur la constitution du Soleil, par M. Deslandres. — Sur le glissement angulaire des poulies et le glissement des brins menant et mené de la courroie, par M. Swyngedauw. — Spectrographie de flammes dans un moteur à explosion, par MM. A. Henne et G.-L. Clark. 67

REVUE DE LA PRESSE. — *Electrochimie* : Les métaux purs dans l'industrie électrique. — *Moteurs* : Le nouveau moteur monophasé Krupp. — *Divers* : L'industrie électrique suédoise. — L'industrie radioélectrique en Norvège. . . 70

La reproduction des matières contenues dans* L'Industrie électrique *sans citation de ce journal est interdite.
Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus.

INFORMATIONS

Le 20e anniversaire de la mort d'Hospitalier. — Il y aura bientôt vingt ans que le fondateur de ce journal, le regretté ingénieur et professeur bien connu EDOUARD HOSPITALIER, nous était enlevé (fin février 1907) après quelques jours d'une courte maladie.

Depuis, les années ont passé et les applications de l'électricité qu'Hospitalier avait vu naître et on peut le dire avait encouragées et soutenues ont pris un essor considérable. Les distributions d'énergie notamment dont il avait deviné le rôle bienfaisant, la T.S.F. qu'il fut le premier à signaler en France (les expériences de Marconi furent décrites dans *l'Industrie Electrique*, dans son numéro du 10 juin 1897, p. 225), la traction électrique dont il avait indiqué et défendu les avantages, sont aujourd'hui pour nous des inventions dont on ne pourrait plus se passer. Il y a cependant une chose qui avait passionné Hospitalier et qui a fait peu de progrès, c'est le langage technique.

Ainsi qu'il le disait si souvent, il faut *la tyrannie des mots pour la clarté des idées, j'appelle chat un chat* et tant d'autres maximes qu'il ne cessait de répéter pour amener peu à peu les *sauvages* à parler correctement. Bondissant chaque fois que dans un ouvrage ou une publication il trouvait des mots tels que *voltage*, *ampérage*, etc., que l'on peut si aisément remplacer par tension et intensité, il demandait aux auteurs pourquoi, pendant qu'ils confondaient si bien les unités de mesure avec les quantités qu'elles servaient à mesurer, pourquoi ils ne disaient pas aussi *ohmmage* ou *faradage* pour résistance ou capacité! Il est un fait certain, c'est que l'unification du langage technique aurait en France encore bien besoin d'Hospitalier, ne serait-ce que pour fustiger quelque peu les nouvelles générations d'ingénieurs, et il faut bien le dire aussi quelques anciens qui foulent aux pieds bien des principes.

Il y a bien des choses qu'Hospitalier n'a pu voir, l'aviation notamment qui l'aurait enthousiasmé, et la grande guerre qui l'eût profondément attristé. Avec son caractère international, son esprit large et généreux, il n'eût pas compris comment des nations soi-disant les plus civilisées se seraient lancées dans une lutte terrible et cela quatre années durant, en utilisant

Digitized by Google

pour se détruire tous les moyens que la science pouvait mettre à leur disposition.

Le calme revenu, Hospitalier se fût tourné vers la reconstitution de notre industrie et son autorité, jointe à sa grande pratique, n'eût pas manqué d'intervenir dans les grands projets dont nous voyons peu à peu la réalisation; en tout cas il eût été certainement fier de voir plusieurs de ses anciens élèves acquérir, par leurs inventions, leurs découvertes ou leur situation, une réputation qui a fait le tour du monde.

A. SOULIER.

Conférences d'actualités scientifiques et industriell es. — Le Conservatoire national des Arts et Métiers inaugure, en 1927, un enseignement temporaire et complémentaire d'actualités scientifiques et industrielles.

Ces études scientifiques et de haute technique, pour lesquelles il a été fait appel à des savants et à des spécialistes d'une compétence éprouvée, ont pour but de mettre en lumière les derniers progrès scientifiques et d'exposer les résultats pratiques qui en découlent.

Elles comprennent, notamment, des leçons sur la physique moderne et ses applications dont beaucoup sont encore peu connues. Non seulement la science pure a mis en évidence des principes nouveaux de première importance sur la constitution de la matière, mais l'industrie a trouvé également là des méthodes d'investigation et de contrôle du plus haut intérêt. Ces applications paraissent, à l'heure actuelle, susceptibles de donner des résultats pratiques dans un très grand nombre de cas se rapportant aux industries les plus diverses (notamment à l'éclairage et à la T.S.F.) et à la médecine (radioactivité).

La question complexe du graissage des machines et appareils de toute nature employés dans l'industrie est l'objet d'une étude en 4 leçons où seront exposées les nouvelles théories et les techniques nouvelles. L'emploi des lubrifiants qui, bien souvent, se fait d'une façon empirique demande, au contraire, des soins particuliers et une étude appropriée à chaque cas particulier. L'économie qui résulterait d'une organisation rationnelle de cet emploi serait considérable.

La recherche des carburants intéresse spécialement un pays comme la France, jusqu'ici gros importateur d'essence. Plusieurs conférences traiteront de la catalyse, de l'hydrogénation, des industries du charbon de bois et de coke, des combustibles liquides.

Une place importante sera faite aux nouveaux procédés d'éclairage.

Le programme comprend, enfin, quelques conférences sur les résines artificielles, dont les applications industrielles sont si nombreuses, les accidents du travail (particulièrement sur les dangers du courant électrique), la télévision et la transmission électrique de l'image.

Ces leçons auront lieu de janvier à avril 1927.

Rappelons que le programme de ces conférences a été donné dans le supplément de notre numéro du 25 janvier 1927.

Radiotéléphonie transatlantique. (*The Electrical Review*, 14 janvier 1927.) — Le service de radiotéléphonie transatlantique entre Londres et New-York a été inauguré le 7 janvier; c'est là une des plus belles œuvres scientifiques modernes et nos voisins d'outre-Manche sont quelque peu fiers de pouvoir annoncer que presque tout le matériel de leur station de Rugby est d'origine nationale. Des détails sur ce poste à très grande puissance ont déjà été donnés dans ces colonnes. Rappelons-en brièvement les caractéristiques essentielles : L'amplification totale y est de l'ordre de 500 000 000, elle est assurée par un nombre de lampes relativement restreint, d'une puissance unitaire de 10 kw. On en compte un total de 34, dont 30 travaillent en parallèle et constituent le dernier étage amplificateur. Leur refroidissement exige une circulation d'eau d'un débit de 4500 litres à l'heure pour chaque moitié de l'amplificateur. Cette eau est amenée par un tuyau de 5 cm de diamètre et de 55 m de longueur. Il assure en même temps l'isolement des lampes dont les anodes sont alimentées sous 10 000 v. Une grande pureté est conservée à l'émission malgré cette amplification formidable. Les lampes ont été construites sous la direction du Post Office britannique, aux ateliers de New Southgate de la Standard Telephones and Cables Co Ltd.

La table de contrôle est une des parties les plus intéressantes de l'équipement. Elle est disposée de telle sorte qu'en y étant en surveillance on peut observer les organes essentiels du poste. Elle comporte tous les organes nécessaires à la commande et au réglage de l'émetteur. Ces organes sont groupés de façon à pouvoir suivre le fonctionnement individuel de chaque étage de lampes. A cet égard, elle ne comporte pas moins de 33 appareils de mesure. Elle est aussi munie de dispositifs assurant la sécurité du personnel et la protection des lampes dont le prix de revient est extrêmement élevé en raison de leur constitution compliquée. A la moindre anomalie du fonctionnement ou à l'approche du personnel des circuits sous tension, des dispositifs spéciaux arrêtent l'émission et font intervenir des signaux d'alarme; en outre, la nature de la perturbation est aussitôt indiquée par des lampes de supervision s'allumant sur la table de contrôle.

Bien que le fonctionnement actuel de la station de Rugby soit satisfaisant, on travaille cependant encore à des améliorations. Divers perfectionnements peuvent lui être apportés dès maintenant; les services techniques intéressés en étudient déjà l'exécution.

Les messages publiques partent normalement du central téléphonique de Londres, par fil, jusqu'à la station de Rugby, d'où ils repartent par T. S. F. à travers l'Océan, jusqu'au poste récepteur américain situé à Houlton qui les transmet à nouveau par fils jusqu'à New-York; en sens inverse, les messages partent par fils de New-York à l'émetteur de Rockey-Point qui les envoie par T. S. F. au poste récepteur anglais de Wrougton d'où ils continuent, par fils, jusqu'à Londres. Un employé du Central téléphonique règle la puissance des sons émis par les abonnés, afin de conserver à l'émission une caractéristique de puissance à peu près constante. J. M.

L'essai dynamique des rotors d'alternateurs et de turbines hydrauliques. (*The Electrician*, 31 décembre 1926.) — La Metropolitan Vickers Electrical Co vient d'installer une chambre spéciale d'essai des rotors d'alternateurs et de turbo-générateurs dans ses ateliers de Trafford Park, à Manchester. Les essais prévus se divisent en 2 classes distinctes :

1° Rotors de générateurs hydroélectriques, de grand diamètre et de grand poids, tournant à vitesse lente.

2° Rotors de turbo-alternateurs à grande vitesse, de grande longueur, de diamètre et poids moyens.

Il sera également possible d'expérimenter des disques de rotors de turbines et autres pièces semblables, d'un poids relativement léger, mais susceptibles d'être amenés à des vitesses de rotations élevées.

L'importance considérable de l'énergie cinétique emmagasinée dans les rotors de machines du genre exposé ci-dessus est un fait bien connu. Par exemple, le rotor d'un turbo-alternateur normal de 20 000 kw qui pèse 20 t, possède une énergie cinétique qui dépasse 16×10^6 kgm à 3000 t : min. Cette énergie est suffisante à projeter une masse de 20 t à 800 m de distance.

La libération de forces de cet ordre présente donc de gros dangers. Les pièces mécaniques qui doivent les supporter ne peuvent être construites qu'en métal d'excellente qualité, et en prenant des soins extrêmes. Ces métaux doivent préalablement subir des essais de traction, de compression et de

Digitized by Google

torsion. Ensuite, la surface du rotor doit être examinée scrupuleusement par la méthode au soufre qui révèle la moindre craquelure, soufflure ou paille, invisibles à l'œil nu.

Pour relever les soufflures possibles dans la masse, il suffit souvent de percer la pièce dans son centre, et d'inspecter optiquement, avec beaucoup de soins, la surface interne du dégagement.

Ensuite, il convient de faire tourner le rotor à une vitesse suffisamment supérieure à sa vitesse normale, pour être convaincu d'un coefficient de sécurité très sûr. Dans le cas de turbines thermiques, les écarts de vitesse périphérique sont limités par les organes régulateurs. En sorte que les essais de vitesse supérieure à la normale sont inutiles avec ce genre de machine. Mais, au contraire, dans le cas de générateurs hydrauliques, les écarts de vitesse peuvent atteindre progressivement jusqu'à 80 pour 100, les efforts dans le rotor, atteignant alors jusqu'à 3,5 fois ceux à vitesse normale. Dans certains cas spéciaux, d'ailleurs, ce pourcentage peut monter à 100 pour 100 et même davantage.

Ici des essais à grande vitesse s'imposent avant livraison des machines.

Ces essais sont quelquefois effectués dans les ateliers même où les risques courus sont alors énormes. D'autres fois ils sont faits dans des fosses creusées dans le sol même des ateliers ou dehors, et recouvertes de sacs de sable reposant sur une armature métallique. La Metropolitan Vickers Electrical C° n'a voulu se ranger à aucune de ces 2 solutions et a fait construire une chambre spéciale pour ces essais de vitesse.

Les dimensions intérieures de cette chambre permettent d'y recevoir des rotors de 7 m de diamètre et de 15 m de longueur. Les murs ont une épaisseur de 5,40 m, ils sont constitués par une enveloppe extérieure de béton armé, tapissée intérieurement de sacs de sable et de poches d'air, maintenus par des panneaux de bois et une légère charpente métallique. Utilisant les enseignements de la dernière guerre dans la construction des abris, les murs forment un ensemble qui offre, intérieurement, un amortissement progressivement croissant aux projections éventuelles des machines en essais.

La construction de cette chambre a nécessité 600 m³ de béton, 30 t d'acier, 56 m³ de bois et 196 m³ de sable, sans tenir compte de la porte mobile d'entrée, faite de ciment armé et de bois, montée sur roue et pesant 17 t. Cette chambre a été placée à proximité de l'atelier d'usinage des grosses pièces. Elle est desservie par une grue de 120 t.

Les rotors à essayer sont amenés sur un wagon très lourd, monté sur rails. En position d'essai, le wagon est soulevé par une presse hydraulique afin de le faire porter sur des plates-formes métalliques et ne pas le laisser sur ses essieux.

L'entraînement des rotors à essayer est assuré par un moteur à courant continu de 1800 ch sous 500 v, monté dans une chambre séparée, et couplé à une boîte d'engrenages spéciales permettant d'obtenir des vitesses comprises entre 250 et 7200 t : min. Sur l'arbre d'entraînement un dispositif complémentaire permet d'atteindre la vitesse de 21 600 t : min.

L'accouplement entre l'arbre moteur d'entraînement et le rotor en essais est prévu de telle façon qu'il cède à la moindre anomalie un peu sérieuse, afin de protéger la boîte d'engrenages.

Un dispositif assure le graissage à très grande pression, afin de faciliter le démarrage des rotors qui commencent à tourner sur une mince pellicule d'huile De l'huile à basse pression lubrifie le moteur d'entraînement et les engrenages.

Les essais sont suivis d'une cabine protégée qui comporte les appareils nécessaires à :

Contrôler — la vitesse de rotation.

Effectuer — la mesure de cette vitesse.

Mesurer — la puissance mise en jeu.

Ramener rapidement au repos le moteur d'entraînement.

Régler totalement la puissance fournie au moteur.

Connaître les pressions d'huile.

Supprimer instantanément l'alimentation d'huile en cas de rupture d'une conduite.

Rester en relation avec la chambre d'essai et la chambre du moteur d'entraînement.

De nombreux instruments permettent, en outre, la mesure des déviations, des vibrations, des vitesses critiques, etc., par l'emploi de vibrographes, oscilloscopes, cinématographes à grande vitesse, etc.

Pour effectuer un essai, l'installation est d'abord amenée à la vitesse de marche normale, pour constater le bon fonctionnement de tous les appareils et, notamment, de l'alimentation d'huile; les expérimentateurs quittent ensuite la chambre d'essai et celle du moteur d'entraînement; la première est ensuite obturée complètement et l'accroissement de vitesse de l'ensemble est commandé de la cabine de contrôle.

En dehors de la sécurité offerte par cette solution des essais mécaniques des pièces lourdes à petites et grandes vitesses périphériques, il est certain qu'elle présente des avantages sur les essais de même genre effectués en fosse souterraine.

J. M.

Un nouveau radiogoniomètre à lecture instantanée. (*The Electrician*, 31 décembre 1926.) — Les radiogoniomètres courants présentent certains inconvénients dont quelques-uns sont inhérents aux appareils mêmes utilisés, comme dans le cas d'un simple cadre de réception, et d'autres viennent des méthodes appliquées pour la détermination des azimuths cherchés. Le cadre tournant ne convient que pour des signaux nets et répétés pendant plusieurs secondes, émis par une source sensiblement constante, avec cette condition supplémentaire qu'il n'y ait pas de parasites gênants à l'instant du relevé, ou que l'intensité de ces parasites ne dépasse pas 1/2 pour 100 de l'intensité maximum du signal utile. En outre, l'inertie des organes tournant gêne dans le relevé des émissions brèves.

Le radiogoniomètre idéal devrait donner l'azimuth exact recherché quelle que soit la durée de l'intensité de l'émission qui lui correspond; il devrait, en outre, permettre la détermination d'au moins un des paramètres fondamentaux, déterminant le champ, ou l'un de ses dérivés. Les indications doivent être indépendantes de la présence simultanée d'autres signaux de forme ou de répartition quelconque.

Le principe général du nouveau dispositif proposé est très simple. Considérons 2 cadres A et B identiques en tous points et dont les plans sont orthogonaux et verticaux. Un front d'onde vertical dont l'intensité maximum au point du cadre est E et dont la direction fait un angle φ avec le plan du cadre A, induira dans A et B des forces électromotrice respectivement égales à $E\cos\varphi$ et $E\sin\varphi$. Les tensions aux bornes des condensateurs C_A et C_B branchés en dérivation sur les cadres seront dans le même rapport si $C_A = C_B$. Relions chacun des 2 éléments mobiles d'un oscillographe cathodique à l'une des 2 capacités. Les 2 champs vont alors se composer et donner une résultante proportionnelle à E, faisant un angle φ avec l'arc de déviation correspondant aux plateaux N-S. Le spot lumineux se déplace alors sur l'écran d'une longueur, dont la valeur, par l'intermédiaire des constantes de circuits simples, reste liée à la force électromotrice réduite dans le cadre, en supposant le plan de celui-ci dans la direction du champ; cette force électromotrice est, d'autre part, proportionnelle au degré de variation du champ du front de l'onde, auquel elle est liée par les équations bien connues de l'antenne en cadre. En outre, l'angle formé par la ligne fluorescente du spot et l'axe N-S de l'oscillographe est égal à l'angle d'incidence de la direction du champ sur le cadre A.

Il est possible d'aboutir aux mêmes résultats en partant de considérations électromagnétiques. Mais, d'une façon générale, les impédances normales des appareils de même courant,

Digitized by Google

donnent à ceux-ci une plus grande sensibilité aux actions électrostatiques.

Il a été constaté que cet appareil donne une précision de l'ordre du degré pour toute élongation du spot supérieure à la moitié de l'échelle. Deux précautions sont indispensables : une grande symétrie dans l'ensemble, et une grande surface pour chaque cadre. Chacun de ceux-ci mesurait 30 m². L'amplification indispensable est alors réduite au strict minimum ; donc sans distorsion, sans détection parasite. L'oscillographe cathodique est du type normal, sauf en ce qui concerne les différentes distances entre l'écran et les organes mobiles. Des études récentes ont permis de donner à un oscillographe de ce genre une sensibilité approchant 1 cm par V.

L'accord du système récepteur ayant été fait sur la fréquence du signal intéressant, le spot se déplace, en traçant une ligne qui fait, avec les 2 axes principaux, des angles respectivement égaux aux angles d'incidence du front de l'onde sur chacun des cadres.

Un désaccord électrique a pour effet d'ouvrir la ligne droite en forme d'ellipse, ce qui constitue un contrôle extrêmement sensible du réglage.

En dehors des avantages généraux exposés précédemment ce radiogoniomètre possède d'autres qualités intéressantes. L'oscillographe cathodique lui-même a la précieuse propriété de donner des lectures instantanées et simultanées exactes, même dans le cas où 2 signaux ou plus de même fréquence et même intensité arrivent sur les cadres au même instant, mais d'azimuths différents. Il semble donc tout indiqué dans les mesures radiogoniométriques où le brouillage peut être craint.

Il peut donc être intéressant pour l'étude des atmosphériques. Par ailleurs, l'ensemble de toutes ces propriétés paraît un acheminement vers la solution tant cherchée des phares radioélectriques côtiers où la difficulté est d'éviter l'interférence entre phares émetteurs voisins. L'oscillographe cathodique répond au problème pour l'observation et le relevé des faisceaux d'ondes entretenues, n'apparaissant dans chaque azimuth que pendant une fraction de seconde. J. M.

Projets d'électrification en Hongrie. (*The Electrical Review*, 14 janvier 1927.) — D'après l'information hongroise, le ministère du Commerce de ce pays aurait invité les branches industrielles intéressées à lui soumettre des offres pour la construction d'une grande station centrale électrique. Deux propositions auraient déjà été reçues, l'une provenant du groupe britannique « Talbot », et l'autre d'un groupe Suisse-Hongrois. L'offre Talbot porte sur la fourniture de toute l'énergie électrique nécessaire à Budapest et sur l'électrification des chemins de fer d'état. Une importante superstation serait édifiée aux mines de charbon de Tata d'accord avec la Compagnie générale des mines Hongroises. Ce groupe se serait assuré le concours de la Société Ganz et Cie pour la fourniture des locomotives électriques. J. M.

L'industrie téléphonique en Espagne. (*The Electrical Review*, 14 janvier 1927.) — La Compagnie nationale de Téléphones, en Espagne, se proposerait d'agrandir ses ateliers pour pouvoir exporter du matériel téléphonique en Amérique du Sud, en plus de ses fournitures pour les réseaux de la péninsule. J. M.

La participation anglaise au trust international de l'acier. (*The Electrical Review*, 14 janvier 1927.) — Selon un correspondant allemand du *Times*, les représentants de l'industrie anglaise de l'acier auraient donné un accord de principe à leur adhésion au trust international de l'acier. Ces représentants sont seulement invités à attendre la prochaine réunion du trust qui doit avoir lieu au début du mois de février. Les principales difficultés rencontrées dans l'élaboration d'un accord définitif ne seraient pas venues de l'intransigeance des Anglais, mais seulement d'une différence d'opinion quant à la part qui reviendrait à l'industrie de leur pays. Le total demandé primitivement par l'industrie britannique se situait entre 10 et 12 millions de tonnes, alors que le trust n'offrait pas moins de 9 millions de tonnes. J. M.

Une liaison téléphonique Londres-Vienne. (*The Electrical Review*, 14 janvier 1927.) — L'inauguration de la ligne téléphonique Vienne-Nuremberg, qui eut lieu le 4 janvier, a réalisé la jonction téléphonique de l'Autriche avec les principaux réseaux de l'Europe Occidentale. Cette nouvelle ligne constitue un important tronçon d'une ligne qui relierait l'Angleterre à la mer Noire, la Perse et l'Inde. On espère l'ouverture d'une liaison directe Londres-Vienne en avril prochain ; le réseau autrichien sera raccordé l'année prochaine à ceux de Hongrie, de Yougo-Slavie, de Suisse, d'Italie et de Tchéco-Slovaquie.

La Société radiotélégraphique autrichienne qui assure les services de T. S. F. de l'Autriche avec l'étranger continue à se développer. Au cours de 1926, un troisième émetteur Marconi de 25 kw a été installé au poste de Deutsch-Altenburg. La station de réception de Laaer-Berg a été reconstruite et raccordée au réseau municipal local de distribution d'énergie électrique. Un émetteur à ondes courtes a également été installé dans un but d'expérimentation. Le nombre moyen des messages envoyés est passé de 959 par jour, en 1924, à 1708 en 1925. J. M.

Un câble sous-marin Italo-portuguais. (*The Electrical Review*, 21 janvier 1927.) — Une information de Milan annonce qu'un contrat définitif a été signé entre la Società Italcable et le gouvernement Portuguais pour la pose d'un nouveau câble sous-marin entre Lisbonne, Malaga, Açores et le Cap Vert. Le réseau de câbles sous-marins italien se trouvera de ce fait, notablement accru, un autre câble devant partir de Anzio, traverser Tirreno et continuer vers la Corse et la Sardaigne, jusqu'à Barcelone et Malaga. J. M.

Électrification de chemins de fer aux États-Unis. (*The Electrical Review*, 21 janvier 1927.) — Selon une information du *Tramway and Railway World*, les travaux d'exécution d'un projet d'électrification sur le Great Northern Railway seraient commencés.

Ce projet prévoit la revision du projet initial d'électrification entre Tye et Washington, aux extrémités est et ouest du tunnel de la cascade, et l'extension vers l'ouest de la ligne Skykomish-Washington. La longueur de ligne électrifiée passera de la sorte de 6 km à 36 km. Ce projet est le premier étage d'un plan plus important qui envisage la traction électrique sur 150 km de voie, avec un nouveau tunnel à construire. J. M.

Entreprises américaines en Pologne. (*The Electrical Review*, 21 janvier 1927.) — Les grandes lignes d'un projet d'électrification en Pologne, qui envisage une dépense de 5 000 000 de livres anglaises, sous la garantie de la banque d'économie nationale de l'État Polonais, ont été établies entre le gouvernement de la Pologne et les représentants de groupes européens et américains.

Le matériel serait fourni par les États-Unis. Le groupe américain obtiendrait une concession à long terme pour l'exploitation de l'entreprise.

Les accords définitifs seraient très proches. J. M.

Digitized by Google

ÉTUDE SUR LES INTERRUPTEURS DANS LE VIDE

La commutation et l'interruption dans le vide, de circuits en charge ont fait l'objet d'expériences très réussies à l'Institut Californien de Technologie. L'article qui suit (1) *rend compte de 3 séries de ces expériences effectuées pendant une période de 3 ans. Les conclusions qui en résultent montrent que les interrupteurs dans le vide d'un type de laboratoire fonctionnent parfaitement et offrent une solution pratique possible au problème de l'ouverture et de la fermeture des circuits sous tension.*

Ce mode d'interruptions possède les avantages de ne pas laisser les contacts se creuser, d'assurer une rupture brusque, de souffler l'arc pendant la première demi-période du courant, de limiter la tension entre contacts à une faible valeur, et de ne nécessiter qu'une faible course utile entre ces derniers.

L'industrialisation des interrupteurs dans le vide est uniquement un problème de construction d'appareils commerciaux à joints étanches, et d'élimination de la rentrée de l'air dans les pompes à vide.

En même temps que l'étude de la commutation sur des circuits à haute tension et de grande puissance, l'Institut Californien de Technologie a procédé, au cours des 3 dernières années, à des expériences sur l'interruption, dans un vide poussé, de circuits en charge. Ces expériences avaient été amenées par la limite pratique d'utilisation des interrupteurs dans l'huile. La plupart d'entre elles furent faites avec des appareils de laboratoire, qui accusèrent des résultats très encourageants sur des circuits à forte intensité.

La question primordiale qui se posa au moment de ces essais, était de savoir si le vide se maintiendrait dans l'enceinte de l'appareil au moment de la formation de l'arc de rupture, lors de la séparation des contacts de l'interrupteur.

Ce doute était accrédité d'une façon générale par la théorie communément admise de l'arc électrique qui veut que l'entretien d'un arc soit dû à la formation d'ions sous l'influence des points chauds entre lesquels l'arc est formé, et qui entraînent en même temps une vaporisation métallique des contacts. Si ce phénomène est exact, il paraît impossible d'interrompre une intensité élevée dans le vide, car, la formation d'une quantité, même infime, de gaz, doit réduire le vide, et le rendre plutôt conducteur qu'isolant.

En fait, la question se ramène à ceci : Si le vide est suffisamment poussé, et si tous les gaz formés sont éloignés des électrodes, des intensités importantes peuvent être coupées, sans formation suffisante de vapeur pour maintenir l'arc.

(1) *Journal of the A. I. E. E.*, décembre 1926. MM. W. Sorensen et E. Mendenhall.

Le Dr R. A. Millikan a montré que, avec des électrodes froides convenablement prévues, un gradient de potentiel de plusieurs millions de volts est nécessaire pour provoquer une décharge quelconque entre des surfaces métalliques. Il a établi également avec beaucoup de soin, les conditions nécessaires pour éviter la formation de gaz sur des surfaces métalliques et éviter la réduction du vide pendant l'évolution des gaz. D'autre part, M. A. Janitzky a effectué des expériences qui ont montré qu'un courant ne peut passer entre électrodes froides placées dans le vide sur leurs surfaces nettes de toute trace gazeuse.

D'après la théorie la plus ancienne, il semblait que la rupture d'un interrupteur dans le vide doive donner lieu à une vaporisation importante. M. P. Charpentier a donné l'équation suivante :

$$W = 0{,}07\,EIt$$

qui représente l'énergie dissipée dans un interrupteur à huile à l'instant de la rupture. E représente la tension, I l'intensité du courant, et t le temps en secondes entre le moment initial de la séparation des contacts et celui de la disparition complète de l'arc. Les expériences de Charpentier et celles de certains ingénieurs suisses, en 1915 et 1916 ont montré que cette énergie s'employait à la vaporisation de l'huile à raison de 46,5 cm³ par kw-sec. Certains de leurs essais témoignèrent de vaporisation plus faible par kw-sec, ainsi que des facteurs de puissance entre contacts, inférieurs à 0,07 à l'instant de la rupture. Si l'on applique la formule de Charpentier à un interrupteur monophasé, coupant, sous 15 000 v, un courant de 100 ampères, à 50 per : sec. on trouve une énergie dissipée dans la cuve de 1,05 kw-sec, si la rupture s'effectue pendant la première demi-période.

En se plaçant alors dans le cas extrême d'un interrupteur dans le vide où toute cette énergie sera exclusivement utilisée à vaporiser le cuivre des lames de contact, on arrive à un poids de métal dissipé de l'ordre de 1/50 gr. Cette quantité, transformée en vapeur métallique dans une cuve assez volumineuse où le vide préalable était très poussé, réduira considérablement la valeur de ce vide qui deviendra conducteur pour la tension de 15 000 v appliquée entre les électrodes.

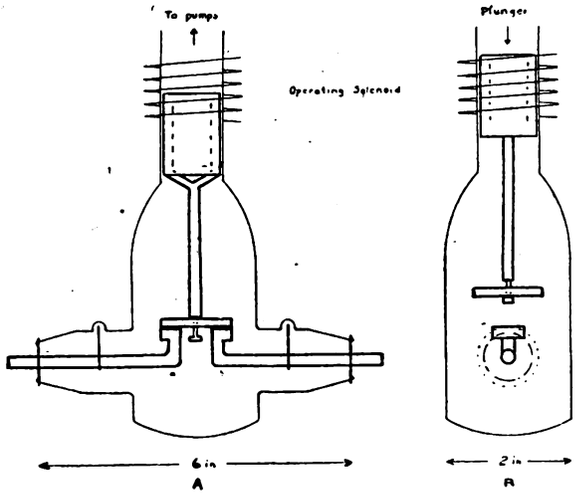
Cependant, les théories plus récentes auxquelles il a déjà été fait allusion indiquent que la formation d'une telle quantité de vapeur métallique est impossible dans un vide bien fait, avec des électrodes sans traces de gaz à leur surface.

Les premières conditions à réaliser, dans des expériences sérieuses sont donc : des surfaces de contact très nettes, et un vide très élevé. Le Dr Millikan fut immédiatement intéressé par la tentative d'expériences de ce genre, et mit à la disposition des auteurs, toutes les facilités offertes par le Norman Bridge Laboratory ; il coopéra également à la conception de l'interrupteur par des suggestions de valeur et en confiant l'exécution à des compétences reconnues.

Trois interrupteurs furent ainsi construits et essayés.

Digitized by Google

Le premier est représenté figure ci-dessous. Il comporte essentiellement une enveloppe de verre, contenant 2 électrodes, distantes de 1,75 cm, et en forme de croissant. Chaque partie fixe du contact a une surface de 0,78 mm². Le circuit est fermé par un disque plat, en cuivre reposant sur les contacts fixes sans autre pression que son propre poids; ce disque est en outre relié à un électro-plongeur léger. L'interruption est effectuée par un solénoïde qui attire ce plongeur dès qu'il est excité; et le sépare de 1,75 cm des contacts fixes. Ce mode de construction donne deux contacts en série dans le circuit. Les joints de pénétration des électrodes dans l'enveloppe



Interrupteur fonctionnant dans le vide.

de verre sont du type étanche contre le vide. Ce vide est poussé jusqu'à 10^{-6} cm de mercure. Un premier essai fut tenté dans ces conditions sur un circuit parcouru par du courant continu d'une intensité de 125 ampères, sous une tension de 110 v. Les résultats furent très encourageants et l'appareil, relié à un circuit à courant alternatif, se comporta mieux encore, la durée de l'arc étant moindre qu'avec le courant continu. Il fut ensuite successivement intercalé dans des circuits à 220 v, 2300 v et 15 000 v, sous courant alternatif où on le faisait fonctionner comme interrupteur monophasé. On ne releva aucune différence entre les actions aux diverses tensions, sauf que l'appareil n'était pas prévu extérieurement pour la tension de 15000 v entre bornes d'entrée des électrodes. Mais l'immersion de l'ensemble dans l'huile supprima le défaut d'isolement. Des interruptions de courant de 100 ampères sous 15 000 v, effectuées dans ces conditions, furent toutes réussies.

Cependant, les bornes de cet interrupteur étaient trop petites; on en construisit un second, avec de plus grandes surfaces de contact et susceptibles de supporter de plus grandes intensités de courant.

Il était de même conception que le précédent, mais plus grand. d'où des contacts de meilleure qualité, et un disque en ressorts de cuivre laminé.

En position de fermeture, les bords de ces ressorts reposent sur les contacts fixes par le seuls poids de la partie mobile, y compris le plongeur du solénoïde (1 kg environ).

Chaque contact fixe offrait une surface de 4,68 cm² avec une séparation de 2,5 cm entre eux. La course du contact mobile était de 2,5 cm.

Cet interrupteur fut essayé en laboratoire sous 15 000 v, sous une intensité de 120 ampères. Il fonctionna 500 fois de suite, en interrupteur monophasé sans donner lieu à aucune détérioration des contacts. Il fut ensuite descellé de la pompe à vide, et conservé dans le laboratoire pendant 3 mois, au cours desquels on lui fit subir quelques essais. A la fin de ces 3 mois, il fut installé à la sous-station de Torrence de la Southern California Edison Company pour ouvrir les courts-circuits effectués sur un moteur synchrone lors de sa déconnexion du réseau. Le courant fourni par le moteur synchrone traversait l'interrupteur après être passé dans des transformateurs élévateurs successifs. Des relevés oscillographiques de ces interruptions sous 272 amp. à 5380 v, et 600 amp. à 12 780 v montrèrent la régularité de son fonctionnement.

Des essais comparatifs entre interrupteur dans le vide et interrupteur dans l'huile, placés dans des conditions aussi identiques que possible, montrent que l'élévation de tension, lors de l'ouverture du circuit, est plus grande avec ceux-ci qu'avec ceux-là et qu'en outre, dans la plupart des cas, l'interrupteur dans le vide coupe le circuit sur la première demi-alternance alors qu'il n'en est pas de même avec l'interrupteur dans l'huile.

Enfin, aucune onde à front raide de haute fréquence ne fut relevée.

Un autre type d'appareil fut encore construit pour éviter d'abord les inconvénients des précédents où tous les organes mobiles sont soudés à l'intérieur de l'ampoule de verre, ce qui oblige à maintenir le solénoïde sous tension tant que l'interrupteur doit rester ouvert, à moins d'un dispositif de maintien mécanique. Le contact mobile de ce nouvel appareil est un genre baïonnette, coulissant dans une douille cylindrique. Cette baïonnette est constituée par une tige de cuivre ronde de 1,8 cm de diamètre; elle pénètre dans la douille sur une longueur de 2,5 cm; la surface de contact est ainsi de près de 15 cm². La coupure est unique, tandis que dans les modèles précédents elle s'effectuait sur 2 contacts en série; la distance entre électrodes, lors de l'ouverture maximum, est de 2,5 cm.

Il est apparu, au cours des essais, qu'une rupture unique donnait des résultats équivalents à ceux de 2 ruptures en série. L'interrupteur était actionné par un mécanisme normal d'interrupteur dans l'huile. Il pouvait ainsi être manœuvré à volonté. L'étanchéité du passage des conducteurs du mécanisme était obtenue par cémentation des pièces de connexion avec l'enveloppe de verre.

Après quelques essais préliminaires en laboratoire, cet interrupteur fut installé à la sous-station de Laguna-Bell de la Southern California Edison Company où il fonctionna en monophasé, pour ouvrir les mises en court-circuit d'un condensateur synchrone de 30 000 kv-a. Ce conden-

Digitized by Google

sateur était amené à la vitesse de synchronisme correspondant à la fréquence de son alimentation, puis déconnecté du réseau, et immédiatement mis en court-circuit par l'interrupteur. Le moteur était du type triphasé, 6600 v; pour les besoins des essais, il était raccordé à l'interrupteur à travers des transformateurs élévateurs, donnant une tension extrême de 41 500 v. Des oscillogrammes de coupure de 926 ampères sous cette tension furent relevés et révélèrent un fonctionnement excellent.

Chacun de ces oscillogrammes montre que l'arc amorcé à chaque ouverture est éteint à la fin de la première demi-alternance qui suit la rupture des contacts. Les meilleurs des interrupteurs à huile donnent seuls un résultat équivalent.

L'absence de piqûres sur les contacts et le maintien du vide à l'intérieur de l'ampoule après le fonctionnement de l'appareil, sont des preuves qu'une très faible partie seulement de l'énergie libérée s'attaque à la vaporisation métallique des contacts.

Lors de la rupture des contacts, on constate un arc, visible, et semblable à ceux qui se produisent sur les interrupteurs dans l'huile ou dans l'air. Mais d'importance moindre, pour des valeurs identiques de tension et d'intensités.

Ce fait s'explique par l'impossibilité, pour la matière contenue dans l'ampoule, d'entrer en combustion dans le vide.

La présence de l'arc dans le vide est un argument contre la théorie si forte qui veut qu'un arc se maintienne par des émanations thermoioniques des points chauds entre lesquels il jaillit. J. Slepian a montré qu'à proximité des électrodes, un arc est probablement dû, aux hautes températures qui se développent dans les gaz ambiants, sous une forte intensité de courant. Les expériences faites à l'Institut Californien de Technologie ont, en effet, démontré, avec ces nouveaux interrupteurs dans le vide, que, lors de leur ouverture, le fonctionnement est défectueux si les surfaces de contacts n'ont pas été libérées de toute trace de gaz.

Les résultats de ces expériences ne doivent pas encore amener à conclure à l'apparition dans l'industrie d'un nouvel interrupteur. Les limites d'emploi n'en ont pas été déterminées complètement; en outre, de nombreux détails de réalisation restent encore à mettre au point avant d'en faire un appareil pratique. Au cours de ces essais, en tout cas, l'interrupteur lui-même n'a jamais été au-dessous de ce que l'on cherchait à en tirer. Il y a donc matière importante à perfectionnement, sur des résultats actuels très encourageants.

Des recherches plus poussées permettraient même peut-être d'atteindre jusqu'au phénomène fondamental de l'interruption des circuits en charge. Enfin, l'on doit reconnaître, en faveur des nouveaux dispositifs essayés, que les difficultés qui restent à résoudre pour en faire des appareils parfaits, ne sont pas plus grandes que les inconvénients actuels des meilleurs interrupteurs du type normal en service. J. M.

LES ACCUMULATEURS DE TRACTION

Remarques générales sur les accumulateurs de traction. — Dans notre Communication de décembre 1924 à la Société française des Electriciens sur l'état actuel de l'industrie des accumulateurs électriques, nous avons montré que l'accumulateur au plomb et l'accumulateur fer-nickel permettent tous les deux les applications à la traction. Les deux systèmes ont, comme nous l'avons dit, leurs avantages et leurs inconvénients, l'accumulateur au plomb ayant la supériorité technique, l'accumulateur fer-nickel étant par contre plus robuste et de plus longue durée.

En ce qui concerne la supériorité technique de l'accumulateur au plomb, nous croyons utile d'en rappeler ici les principales raisons (1).

1° La tension aux bornes d'un accumulateur fer-nickel varie beaucoup plus en décharge que celle de l'accumulateur au plomb.

Si nous considérons, par exemple, une décharge normale au régime de 5 heures, nous avons indiqué que la tension aux bornes de l'élément ne varie, entre le début et la fin de la décharge, que de 15 pour 100 dans le cas de l'accumulateur au plomb, tandis que la variation est de 30 pour 100 dans le cas de l'accumulateur fer-nickel.

2° La résistance intérieure beaucoup plus élevée de l'accumulateur fer-nickel provoque pour cet élément une diminution de tension en fonction de l'intensité de décharge beaucoup plus grande que pour l'accumulateur au plomb.

Par exemple, si l'on passe de l'intensité correspondant au régime normal de décharge en 5 heures à une intensité plus élevée, la tension moyenne de l'accumulateur fer-nickel baisse dans une proportion 3 à 4 fois supérieure à celle de l'accumulateur au plomb.

La différence est plus grande encore lorsqu'au lieu de considérer les tensions moyennes on envisage les tensions finales de décharge.

Ces inconvénients techniques de l'accumulateur fer-nickel ont une répercussion très importante dans les applications à la traction.

Tout d'abord, la vitesse du véhicule électrique étant sensiblement proportionnelle à la tension appliquée aux moteurs, cette vitesse variera beaucoup plus durant le même parcours total du véhicule si celui-ci est équipé avec batterie fer-nickel que s'il est équipé avec batterie au plomb. Si l'on veut alors maintenir la même vitesse que dans ce dernier cas, lorsque la gamme des vitesses en donne la possibilité, il faut évidemment augmenter l'intensité. Les moteurs électriques fonctionnant à plus faible tension et à intensité plus élevée ont un rendement moindre et ceci se traduit par une consommation

(1) Communication faite le 27 octobre 1926 à la Société française des Electriciens, par M. L. Jumau.

Digitized by Google

(watts-heure par tonne-kilomètre) plus élevée en même temps que par une diminution de l'énergie que peut fournir la batterie et par conséquent du nombre total de kilomètres sans recharge.

Les inconvénients ci-dessus sont encore amplifiés lorsque le parcours comprend des rampes. Avec la batterie fer-nickel, la vitesse diminuera beaucoup plus, en rampe qu'avec la batterie au plomb ou bien pour la même vitesse il faudra faire débiter la batterie à une intensité beaucoup plus élevée. Et alors nous retrouvons encore ici la diminution du rendement des moteurs avec comme conséquence l'augmentation de la consommation spécifique et de la réduction d'énergie utile de la batterie. Il arrive même qu'un véhicule équipé avec batterie fer-nickel est dans l'impossibilité de franchir des rampes un peu importantes alors qu'une batterie au plomb rend la chose très facile.

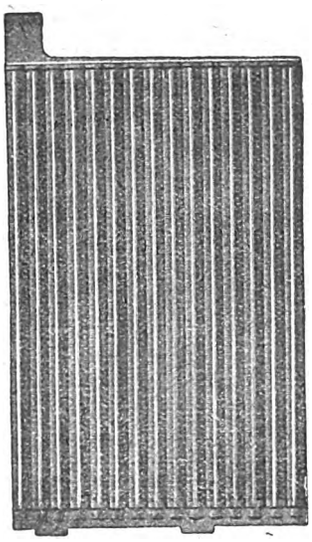


Fig. 1.
Plaque positive Tudor-Ironclad.

On traduit couramment ces avantages techniques de la batterie au plomb en disant qu'elle est plus nerveuse que la batterie fer-nickel.

L'avantage que présente l'accumulateur fer-nickel sur l'accumulateur au plomb ordinaire d'une grande robustesse et d'une plus longue durée ne se traduit malheureusement pas par un avantage économique à cause du prix élevé de cet accumulateur et de son mauvais rendement qui n'est, comme nous l'avons vu, que de 0,50 en énergie alors qu'il atteint 0,75 avec l'accumulateur au plomb. Aussi disions-nous dans notre communication que l'emploi de l'accumulateur fer-nickel ne se justifiait que dans les cas où, faisant passer au second plan les considérations économiques, on voulait avant tout éviter les opérations d'entretien nécessitées par l'accumulateur au plomb, opérations si ennuyeuses en l'absence d'une organisation spéciale.

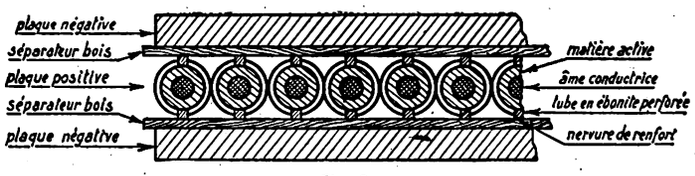


Fig. 2.
Coupe schématique d'un groupe de plaques Tudor-Ironclad.

Un accumulateur convenant véritablement pour la traction serait celui qui pourrait joindre aux caractéristiques techniques de l'accumulateur au plomb la robustesse et la longue durée de l'accumulateur fer-nickel. Or cet accumulateur existe aujourd'hui, c'est l'accumulateur « Ironclad » dont nous n'avons dit que quelques mots dans notre communication précitée. Cet accumulateur ayant maintenant la consécration d'une dizaine d'années de pratique (aux États-Unis et en Angleterre) nous avons pensé qu'il était d'autant plus intéressant d'en faire une description détaillée, que le nouvel élément est construit actuellement en France (1).

Nous insistons sur ce point qu'il ne s'agit pas d'un élément nouvellement sorti du laboratoire, mais d'un accumulateur qui a victorieusement résisté aux épreuves d'une longue pratique ainsi que nous le verrons plus loin. On sait qu'en cette matière plus qu'en toute autre la pratique se charge trop souvent d'anéantir les espérances fondées sur des succès de laboratoire.

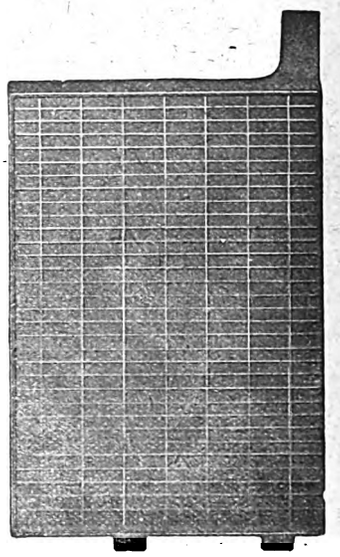


Fig. 3.
Plaque négative Tudor-Ironclad.

Description de l'accumulateur Ironclad. — Il est bien connu que dans l'accumulateur au plomb ordinaire à plaques à oxyde rapportées, c'est l'électrode positive qui limite la durée. La matière active positive tombe en effet peu à peu de son support et à partir d'un certain moment, la plaque périt par insuffisance de matière active et par rupture de la grille-support qui s'est peroxydée. Au contraire, l'électrode négative conserve sa matière et, bien construite, peut avoir une durée au moins aussi grande que celle des négatives de l'accumulateur fer-nickel.

On a souvent tenté, déjà, de prolonger la durée de la plaque positive en l'entourant d'un diaphragme suffisamment poreux pour ne pas gêner les actions électrolytiques et dont les pores soient malgré cela d'assez faible section pour s'opposer à la chute de la matière positive ou pour la retarder. Malheureusement on se heurte à deux grosses difficultés. La première c'est de trouver un diaphragme en matière inattaquable à l'acide. L'amiante qui a été souvent utilisé est attaqué par l'électrolyte. Même l'amiante bleu du Cap, le plus résistant à ce point de vue, introduit dans l'électrolyte des proportions nuisibles de fer. Le coton de verre, employé sous forme de feutre ou d'aggloméré, donne une attaque non négligeable par suite de son état de très grande division de la matière; des sels

(1) Manufacture d'accumulateurs de la Compagnie Générale d'Electricité (accumulateur Tudor).

Digitized by Google

alcalins se dissolvent dans l'électrolyte et apportent certains troubles au fonctionnement de l'élément.

Une autre difficulté provient du fait qu'il est presque impossible, lorsqu'on emploie des plaques planes, d'appliquer sur celles-ci les diaphragmes d'une manière permanente et en tous les points, à cause des variations de volume que subit la matière active en passant de l'état de charge à l'état de décharge et aussi à cause des déformations que peuvent prendre ces plaques.

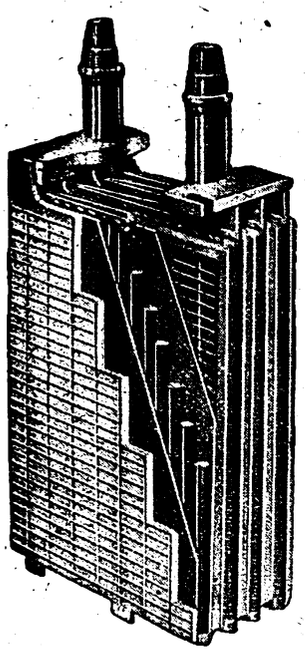


Fig. 4.
Bloc de plaques Tudor-Ironclad.

Ces inconvénients sont évités dans la fabrication Ironclad.

Comme le représente la figure 1 l'électrode positive est un assemblage de petites électrodes unitaires cylindriques comportant chacune une âme conductrice (épine) en alliage de plomb inoxydable munie de quelques proéminences et un tube en ébonite portant, le long de deux génératrices à 180 degrés, deux nervures de renforcement ainsi qu'on le voit nettement sur la figure 2 qui représente la coupe d'une électrode positive montée entre deux électrodes négatives. Perpendiculairement à son axe, ce tube est muni de fentes très fines et très nombreuses, obtenues à l'aide d'une machine spéciale, et qui vont de l'une à l'autre des nervures de renforcement. Par des moyens mécaniques appropriés, la matière active, fabriquée spécialement, est introduite dans le volume libre entre le conducteur central et le tube en ébonite. Grâce à cette disposition, il n'y a pas d'attaque du diaphragme puisque celui-ci est ici en ébonite. En lui donnant la forme d'un tube ayant une certaine élasticité, on a évité les inconvénients précédemment signalés.

Fig. 6.
Connexion flexible.

Pour la simplicité de la fabrication, tous les conducteurs d'une même plaque sont coulés d'une seule pièce avec la partie supérieure portant le cône de prise de courant. Les tubes en ébonite sont enfilés sur les extrémités libres des conducteurs en épines et c'est après le remplissage de la matière active que l'on réunit par soudure les extrémités de ces épines à la nervure inférieure horizontale de la plaque, portant, ainsi qu'il est représenté en figure 1, les deux pieds qui serviront d'appui à l'électrode lors du montage sur les tasseaux du bac.

Il est très curieux de constater combien l'électrode ainsi fabriquée présente d'analogies avec l'électrode positive de l'accumulateur Edison. Celle-ci comprend, comme on sait, des petites électrodes unitaires cylindriques assemblées dans un cadre en tôle d'acier nickelé. Chaque électrode unitaire est constituée par un tube très mince en acier nickelé, muni de très fines perforations, et qui sert à la fois de conducteur et de support pour la matière active. Celle-ci est bourrée mécaniquement dans le tube et, comme elle est peu conductrice, on la dispose en couches successives avec interposition de flocons de nickel (paillettes de nickel extrêmement minces obtenues par électrolyse) qui servent de conducteur.

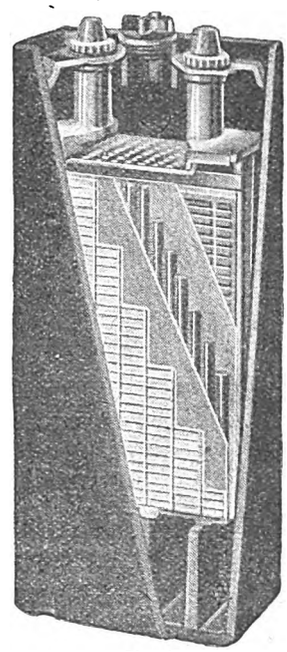


Fig. 5.
Accumulateur Tudor-Ironclad coupé.

La seule différence de montage entre l'électrode positive Edison et la positive Ironclad est que les tubes de cette dernière servent uniquement de support et non de conducteur. Il n'est pas possible dans ce cas d'adopter un support métallique qui ne pourrait être pratiquement qu'en plomb ou alliage de plomb parce que ce métal s'attaque électrolytiquement en solution acide sulfurique beaucoup plus que ne le font l'acier et le nickel en solution de potasse, cette attaque (peroxydation) s'accompagnant de déformations importantes. Ces faits s'expliquent très probablement par des différences de solubilité, le sulfate de plomb étant moins insoluble en solution acide sulfurique que les oxydes de fer et de nickel en solution de potasse. D'ailleurs le remplacement du support conducteur, par un support non conducteur, bien entendu inattaquable comme l'ébonite, n'offre aucun inconvénient dans le cas de la positive de l'accumulateur au plomb, car la matière active est suffisamment conductrice pour qu'on puisse se contenter d'un conducteur disposé au milieu de cette matière active.

La plaque négative Ironclad, représentée en figure 3, diffère peu d'une négative ordinaire à oxyde rapporté. Son épaisseur et la constitution de la matière active sont telles que la plaque conserve sa capacité pendant toute la longue durée des électrodes positives. Une particularité est l'enrobage de la nervure supérieure horizontale de la plaque par une feuille de caoutchouc vulcanisée. Le but de cette protection est d'éviter que les fines particules de matière positive en suspension dans l'électrolyte ne viennent, en se déposant sur la tranche supérieure des plaques négatives, se réduire à l'état de plomb spongieux et

Digitized by Google

provoquer en s'accumulant sous cet état volumineux des dérivations entre négatives et positives à la partie supérieure.

Les plaques positives et négatives sont assemblées en bloc ainsi qu'il est représenté en figure 4 et le bloc est monté dans le bac comme on le voit en figure 5.

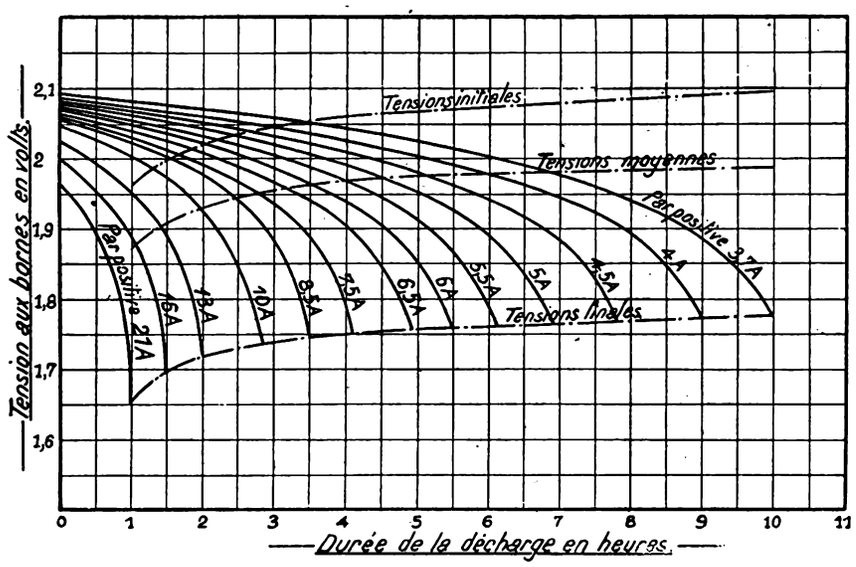


Fig. 7.
Courbes de décharge d'un accumulateur Tudor-Ironclad.

Les précautions les plus minutieuses sont prises pour faire de l'élément Ironclad un élément tout à fait pratique et ne nécessitant aucun lavage et aucune opération d'entretien pendant tout le cours de son existence.

Le bac, en ébonite de très bonne qualité, possède à sa partie inférieure 4 tasseaux. Sur 2 de ceux-ci (premier et troisième) portent les pieds des positives et sur les deux autres (deuxième et quatrième) les pieds des négatives. Ainsi, aucune dérivation intérieure n'est possible par dépôt de matière sur la tranche des tasseaux. La grande hauteur de ces derniers permet le logement de la matière qui peut se déposer pendant toute la durée des électrodes. Toute possibilité de dérivation entre plaques est évitée par la présence de feuilles de bois traitées spécialement et appliquées d'un côté directement sur les négatives, et d'autre côté sur les nervures des tubes des positives, disposition qui permet d'éviter les séparateurs en ébonite. La figure 5 montre qu'il existe une grande réserve de liquide au-dessus des plaques ; il en résulte l'avantage d'une moindre fréquence des additions d'eau pour compenser les pertes par évaporation et par électrolyse. Une plaquette perforée en ébonite, placée à la partie supérieure, sert d'amortisseur pour éviter les projections de liquide. Les joints au passage des tiges polaires à travers le couvercle sont assurés par un écrou de serrage en alliage de plomb et une rondelle en caoutchouc.

L'étanchéité est obtenue par coulée d'un mastic isolant et inattaquable dans la gorge extérieure du couvercle.

Les éléments d'une batterie sont montés dans des caisses en bois et réunis entre eux par des connexions flexibles et très conductrices. La connexion représentée en figure 6 comprend des bandes de cuivre mince plombé dont les extrémités sont emprisonnées dans des têtes en alliage de plomb que l'on fixe par soudure autogène sur les tiges polaires des éléments.

Caractéristiques des accumulateurs Ironclad. — *Données générales.* — Nous donnons (page suivante) les principales caractéristiques d'un élément IAE, 7 couramment employé sur les chariots et tracteurs.

Les récents essais contrôlés de véhicules électriques ayant montré que la consommation moyenne dans Paris est un peu inférieure à 65 w-h par tonne-kilomètre de poids total de véhicule de la première catégorie (jusqu'à 800 kg de charge utile) et un peu inférieure à 55 w-h par tonne-kilomètre pour des véhicules de la troisième

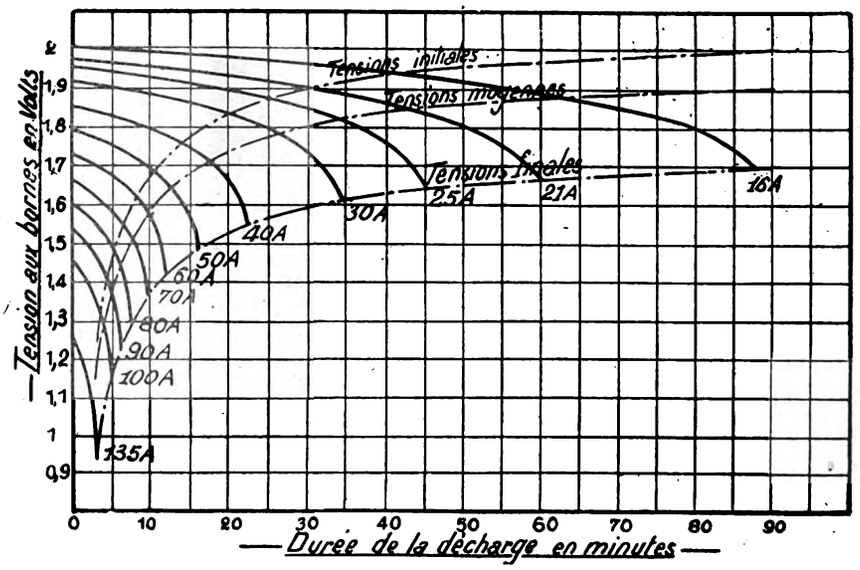


Fig. 8.
Courbes de décharge d'un accumulateur Tudor-Ironclad.

Digitized by Google

Nombre de plaques	Positives	7
	Négatives	8
Dimensions extérieures totales, en millimètres	Longueur	147,7
	Largeur	157,2
	Hauteur	350,8
Poids total de l'élément, acide compris, en kg		21,8
Poids total avec caisses et connexions, en kg par élément		24,1
Capacité en amp-h au régime de décharge, en	5 heures	226
	1 —	147
	0,5 —	115
Intensité du courant de décharge, en ampères au régime de décharge, en	5 heures	45
	1 —	147
	0,5 —	231
Intensité du courant de charge, en ampères	Au début	38
	A la fin	15
	Charge d'égalisation	7

catégorie (plus de 2000 kg de charge utile), il est facile de calculer le poids total de batterie Ironclad nécessaire pour parcourir sans recharge les 80 km représentant le parcours maximum ordinairement demandé à la première catégorie et celui de 40 km, demandé à la troisième. On trouve ainsi un poids total de batterie égal à environ 28 pour 100 du poids total du véhicule pour la première catégorie et à environ 12 pour 100 pour la troisième catégorie.

Tant en ce qui concerne le poids qu'en ce qui concerne l'encombrement, la batterie Ironclad répond aux plus fortes exigences de la traction sur route (camions, tracteurs, chariots d'usine et de gare), à plus forte raison trouve-t-elle son emploi dans la traction sur rails (locomotives, automotrices) et dans la navigation (sous-marins, etc.).

Nous allons examiner quelques caractéristiques spéciales des éléments Ironclad pour ces diverses applications.

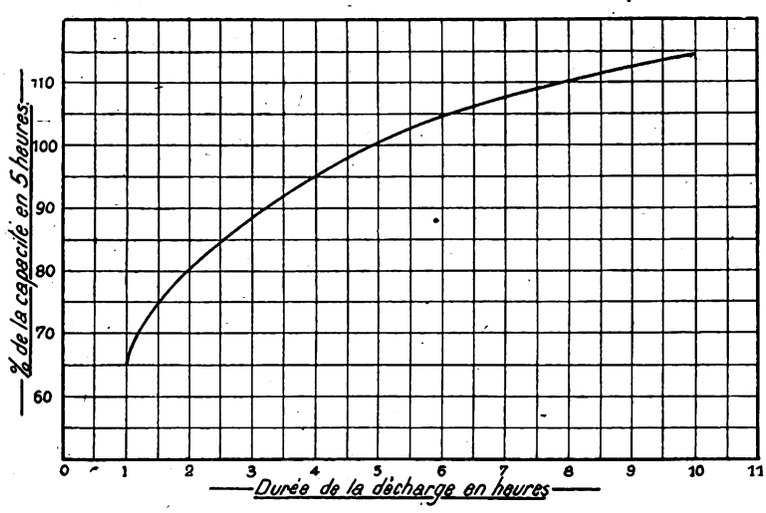


Fig. 10.
Variation de la capacité d'un accumulateur Tudor-Ironclad.

Décharges. — Les figures 7 et 8 montrent l'allure des courbes de décharge (tension aux bornes en fonction du temps) pour les différentes intensités de décharge. Ces courbes se rapportent à une plaque positive du type IA déchargeant entre 3,7 et 135 ampères. La figure 9 exprime la variation de capacité en fonction du temps de décharge et la figure 10 cette même variation sous une autre forme,

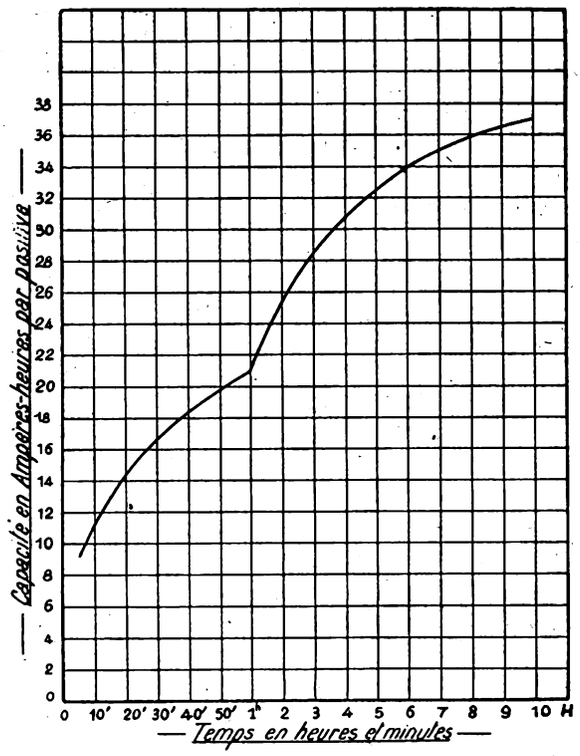


Fig. 9.
Variation de la capacité d'un accumulateur Tudor-Ironclad.

la capacité étant exprimée en pour 100 de celle au régime de 5 heures.

On voit, figure 11, comment varie la tension aux bornes de l'élément (initiale, moyenne et finale) en fonction de l'intensité de décharge. Cette courbe nous montre qu'en passant du régime de décharge en 5 heures (6,5 amp. par plaque positive d'après la figure 9) à un régime 6 fois plus élevé (soit 39 amp. par plaque positive) la baisse de tension moyenne n'est que de 10,3 pour 100. Elle n'atteint encore que 18 pour 100 pour une intensité 10 fois plus élevée que l'intensité normale (65 amp. par plaque positive). L'élément peut d'ailleurs sans inconvénient débiter à une intensité plus de 20 fois plus grande que l'intensité du régime normal de décharge en 5 heures.

Les courbes de la figure 12 indiquent la variation de la densité de l'électrolyte pendant la décharge et à différents régimes.

En figure 13, on a résumé des essais effectués sur un élément à 4 positives IA. Une décharge continue à l'intensité de 25,8 amp. donne l'allure de la courbe A (variation de la tension aux bornes avec le temps). Elle dure 6 h 5 minutes et correspond à une capacité totale de

Digitized by Google

157 amp.-h (courbe D). Une décharge intermittente à l'intensité 5 fois plus grande de 129 ampères est repré-

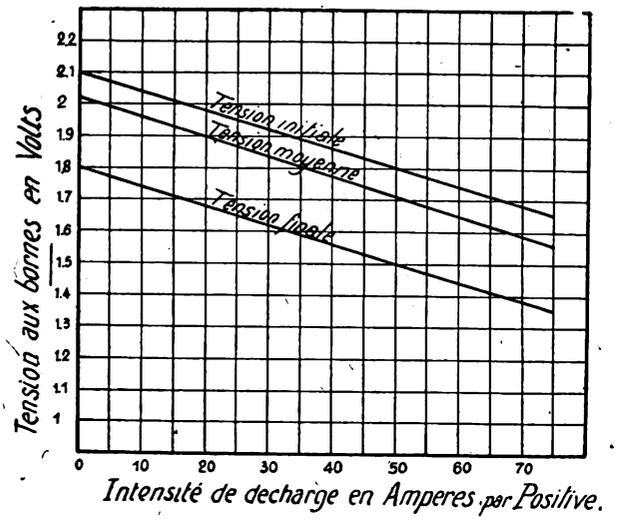


Fig. 11.
Variations de la tension de décharge d'un accumulateur Tudor-Ironclad.

sentée par la courbe B. Chaque décharge partielle durait 4 minutes et était suivie de 17 minutes de repos. Le temps total de la décharge intermittente atteignait 5 h 40 minutes et la capacité débitée était de 146,2 amp.-h. En portant à 258 ampères (soit 10 fois le régime normal) l'intensité de la décharge intermittente (2 minutes de décharge pour 19 minutes de repos) on obtenait l'allure de la courbe C et la capacité atteignait encore 137,6 amp.-h. On voit que la capacité utilisable d'une batterie Ironclad ne varie que dans des limites assez étroites (12 à 13

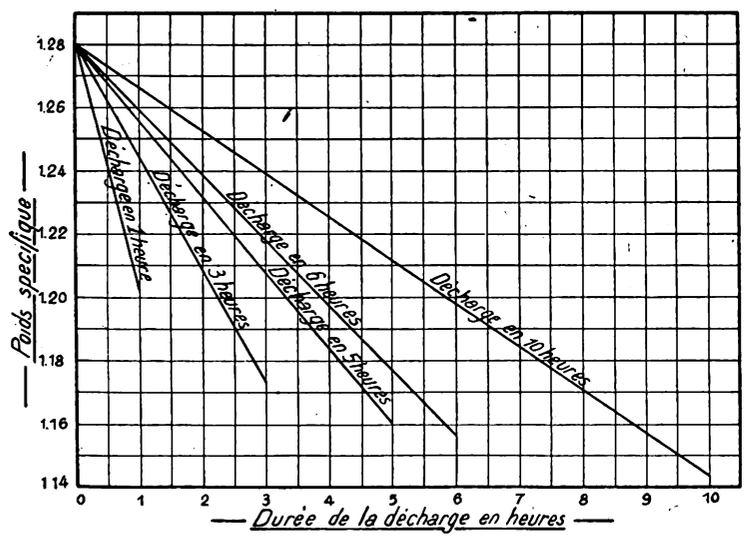


Fig. 12.
Variation de la densité en décharge d'un accumulateur Tudor-Ironclad.

pour 100) pour des intensités de décharge variant dans le rapport de 1 à 10 pourvu que la décharge totale ait lieu sensiblement dans le même temps. Ce sont là justement des conditions que l'on rencontre normalement en traction (succession de démarrages, marche en palier, en rampe, en pente, arrêts).

Ce même avantage des éléments Ironclad se constate sous une autre forme dans les courbes de la figure 14. Ici les essais ont été faits sur un élément de sous-marin d'une capacité de 3000 amp.-h à la décharge en une heure. La courbe A se rapporte à la variation de la tension ; la courbe B, à celle de la densité ; la courbe C, à la capacité débitée et la courbe D à l'intensité. Comme le montrent ces courbes, après avoir fait débiter à l'élément sa capacité au régime d'une heure (exactement 58 minutes) on a pu, sans interrompre la décharge, mais en débitant à intensité moindre, obtenir encore plus de

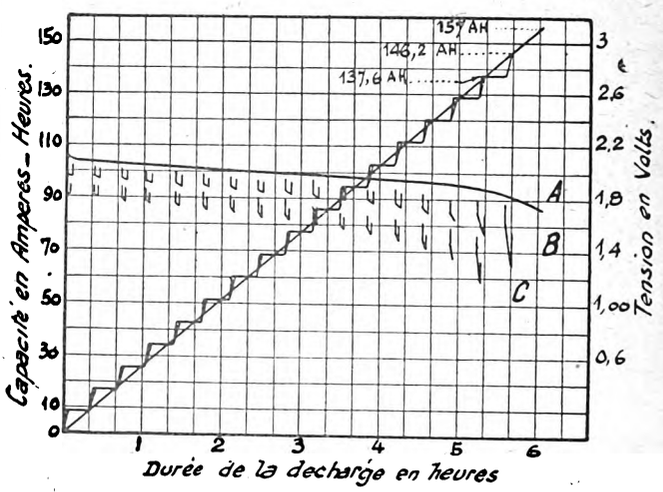


Fig. 13.
Décharges continue et intermittentes d'un accumulateur Tudor-Ironclad.

3000 amp.-h, c'est-à-dire doubler la capacité et l'amener ainsi à une valeur très voisine de celle correspondant à une décharge à intensité constante effectuée pendant le même temps total de 6 h 45 minutes, et ceci malgré l'épuisement initial de l'élément au gros régime. Il n'est pas besoin d'insister pour faire comprendre les avantages pratiques qu'on en peut tirer dans le cas d'un sous-marin puisque équipé avec une telle batterie celui-ci possède encore, après un parcours à grande vitesse (cas d'attaque), un rayon d'action très important (cas de la retraite).

En ce qui concerne le rendement de l'accumulateur Ironclad, les courbes de la figure 15 montrent comment il varie en fonction du régime de décharge exprimé en heures. On voit que le rendement en quantité est de 0,90 et celui en énergie de 0,75 pour une décharge normale en 5 heures.

Charges. — Un point très important à considérer est celui des conditions de la charge. Celles-ci doivent être telles que la batterie soit certainement chargée tout en

Digitized by Google

évitant des surcharges nuisibles à tous points de vue (gaspillage d'énergie, usure prématurée des plaques). Ces conditions ont été particulièrement étudiées dans le cas de l'accumulateur Ironclad qui se prête, comme nous allons le voir, à tous les modes de charge.

Pour chaque type d'élément est indiquée une intensité de charge initiale, finale et d'égalisation. En rapportant à la plaque positive IA de l'élément précédemment décrit, ces intensités sont respectivement de 5,4 amp., 2,3 amp. et 1,1 amp.

La charge normale à intensités constantes se fait en deux phases ainsi qu'il est représenté en figure 16 (voir les courbes B1 — B2) pour un élément à 3 positives IA ayant déchargé complètement au régime de 5 heures. On débute à l'intensité initiale ci-dessus et lorsque la tension aux bornes atteint 2,40 v par élément, on réduit l'intensité à la valeur indiquée pour l'intensité finale. Lorsqu'on connaît le nombre d'amp.-heures débités, on

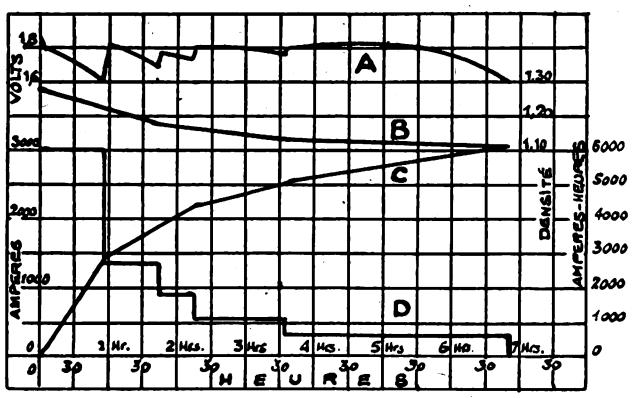


Fig. 14.
Décharge d'un accumulateur Tudor-Ironclad à différentes intensités,

calcule le nombre d'amp.-heures à charger d'après le rendement en quantité, précédemment indiqué, et on coupe la charge après ce nombre d'amp.-heures.

Lorsque la capacité débitée est inconnue, la charge est arrêtée d'après les indices de fin de charge (particulièrement tension et densités ayant atteint leurs valeurs maxima).

Les courbes A1, A2 de la figure 16 se rapportent au même élément chargé d'abord à tension constante (2,30 v), puis à l'intensité constante de fin de charge. La charge est plus rapide et l'élément supporte parfaitement les intensités très élevées de début et qui atteignent 6 fois l'intensité initiale de charge à intensité constante. L'inconvénient de ce mode de charge est plutôt pour les lignes et les générateurs qui ne supportent pas toujours de pareils courants.

La méthode de charge de la figure 17 évite cet inconvénient. Les courbes de cette figure, relatives à une positive IA, montrent, à côté de la courbe de charge à tension constante (2,30 v par élément), des courbes de charge qui

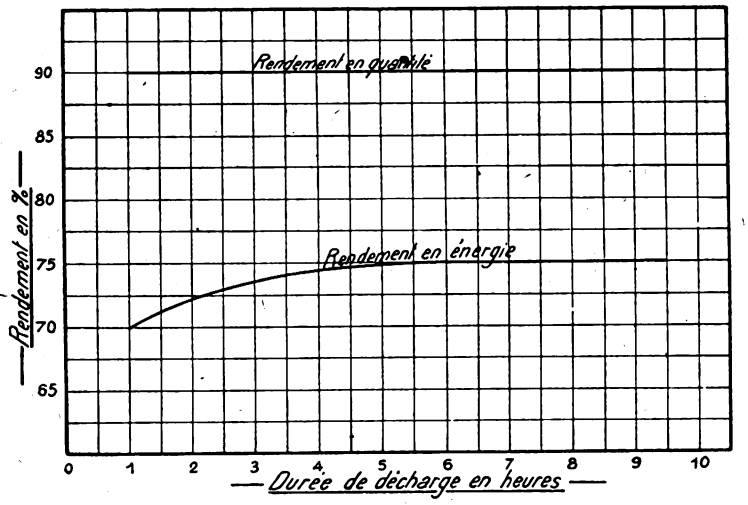


Fig. 15.
Variation du rendement d'un accumulateur Tudor-Ironclad.

débutent à intensité constante, depuis l'intensité normale (intensité initiale de charge) jusqu'à une intensité double de celle-ci. Dès que la tension atteint 2,30 v, la charge se poursuit à tension constante.

Dans la charge à intensités constantes, faite dans les

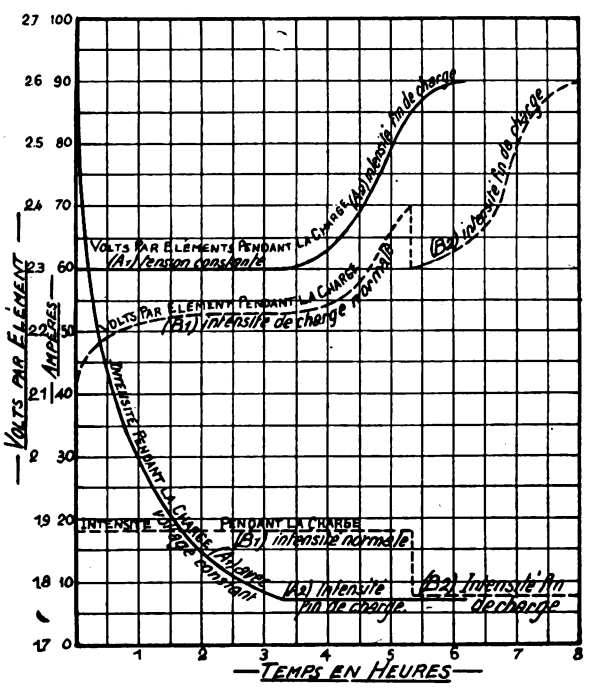


Fig. 16.
Courbes de charge à intensités constantes et à potentiel constant d'un élément Tudor-Ironclad.

conditions ci-dessus indiquées, il est intéressant de connaître l'allure des courbes de charge (tension aux bornes en fonction du temps) après des décharges plus ou moins

Digitized by Google

poussées. La figure 18 donne ces courbes pour des éléments ayant débité 1/4 (A) 1/2 (B) 3/4 (C) et la totalité (D) de la capacité à la décharge au régime de 5 heures.

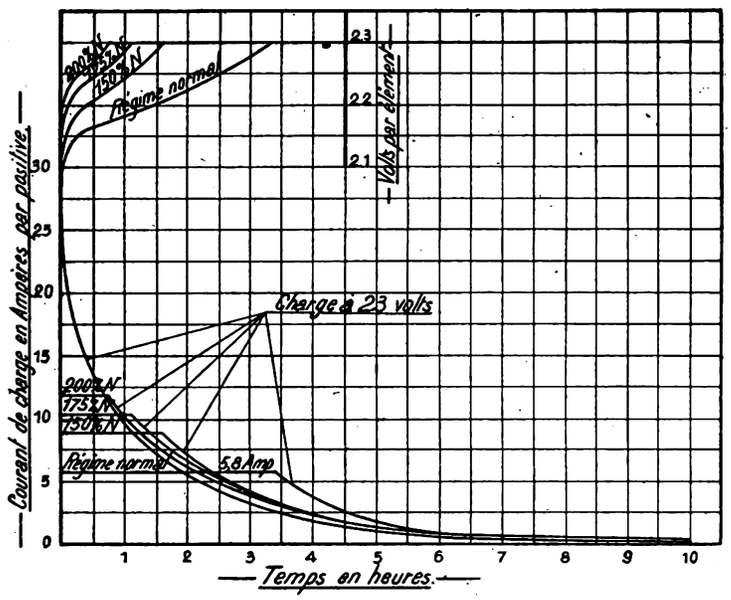


Fig. 17.
Courbes de charge d'un accumulateur Tudor-Ironclad commencée à intensité constante, terminée à potentiel constant.

Il est de grande importance, dans beaucoup de cas, de pouvoir assurer la charge d'une manière entièrement automatique, ce qui supprime toute dépense de main-d'œuvre pour réglage et surveillance. Grâce à ses caractéristiques, la batterie Ironclad s'adapte parfaitement à la charge automatique.

Dans une première méthode, la méthode de charge à tension constante modifiée, il suffit tout simplement de fermer le circuit de charge sur la batterie, ce circuit comprenant des barres-omnibus à tension pratiquement constante et une petite résistance fixe installée en tension avec la batterie. Dans le circuit de celle-ci, se trouve en permanence un compteur de quantité qui marque pendant la décharge et démarque pendant la charge, en tournant un peu plus lentement dans ce dernier sens pour tenir compte du rendement. Il existe de tels modèles de compteurs qui portent en outre un contact lorsque l'aiguille est revenue au zéro. Ce contact provoque la fermeture d'un circuit auxiliaire comprenant un disjoncteur qui entre alors en action, de sorte que la charge est coupée automatiquement lorsqu'elle est terminée. Comme le compteur, le disjoncteur peut être avantageusement placé sur le véhicule.

Bien entendu, la résistance additionnelle doit être calculée de telle manière que la charge complète soit assurée dans le temps total dont on dispose, que l'intensité à la fin de la charge soit au plus égale à celle indiquée ci-dessus pour l'intensité finale et que l'intensité initiale ne soit pas supérieure à celle que peuvent supporter le générateur ou les circuits de charge.

Ce calcul est facile à faire et la figure 19 montre comment varie la résistance en fonction de la tension appliquée par élément e pour différents temps de charge après décharge complète au régime de 6 heures. Ces courbes sont relatives à l'élément IAE, 7 qui a été précédemment décrit. Elles donnent également à la partie supérieure les valeurs de l'intensité du début de la charge. La ligne interrompue AA indique en fonction de la tension, la valeur de la résistance qui réduit à la fin de la charge l'intensité à la valeur correspondant à l'intensité finale prescrite. La ligne BB se rapporte à une intensité moitié de celle-ci et la ligne CC à une intensité supérieure de 25 pour 100.

L'application est extrêmement simple puisqu'il suffit de connaître la tension par élément aux barres-omnibus et le temps dont on dispose pour obtenir la résistance désirée. Un coefficient de proportion permet de passer d'un élément IAE, 7 à un type quelconque d'élément et la résistance à intercaler dans la batterie est la résistance ainsi mesurée multipliée par le nombre d'éléments.

La figure 20 montre l'application à un élément IAE, 4

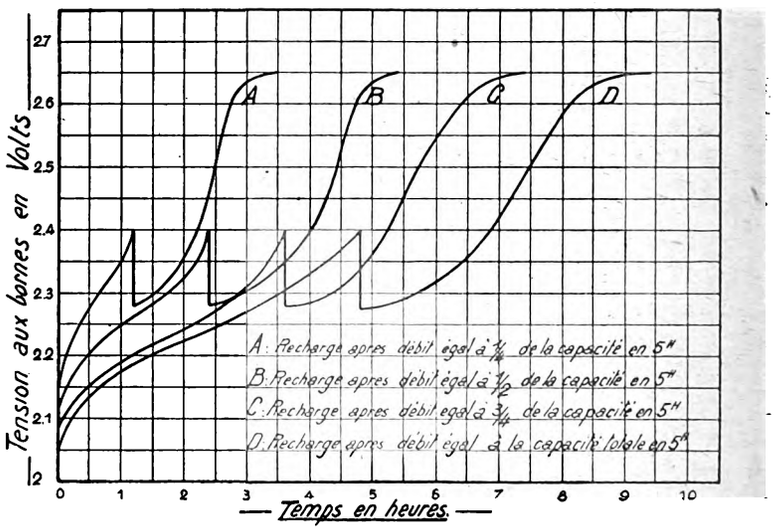


Fig. 18.
Courbes de charge à intensités constantes d'un accumulateur Tudor-Ironclad ayant débité ses capacités différentes.

ayant débité 135 amp.-heures et chargeant en 5 h 45 sous tension de 2,53 volts avec résistance additionnelle de 0,00535 ohm. On y a relevé toutes les indications intéressantes : tension aux bornes de l'élément, intensité, nombre d'amp.-heures chargés, densité, température.

Digitized by Google

Une seconde méthode de charge automatique est basée sur l'emploi de l'interrupteur automatique de charge Tudor qui peut être appliqué à la charge à intensités

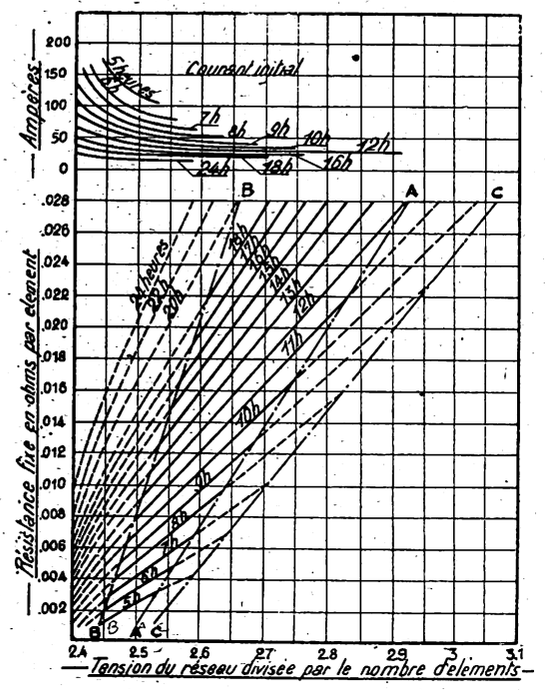


Fig. 19.

Diagramme pour le calcul des résistances additionnelles et du courant initial de charge d'un accumulateur Tudor-Ironclad chargeant par la méthode à potentiel constant modifié.

constantes comme à la charge à potentiel constant, modifiée. Il est basé sur le principe suivant : quel que soit le nombre d'amp.-heures antérieurement débité par un élément, lorsque celui-ci atteint en charge la tension de 2,40 v, point qui correspond dans tous les cas à une montée rapide de la courbe de tension, le nombre d'amp.-heures nécessaire pour parfaire la charge est sensiblement constant.

L'appareil comprend un relais qui, lorsque la tension de 2,40 v est atteinte, libère le pendule d'une horloge, laquelle réglée pour un temps déterminé déclenche automatiquement l'interrupteur qui coupe le circuit de charge. Avec cette méthode de charge, il n'est pas indispensable de connaître la capacité débitée par la batterie.

Dans tous les cas, il est prévu, avec les batteries Ironclad, de donner périodiquement après une charge ordinaire, une petite charge dite d'égalisation. Celle-ci qui a pour but de s'assurer périodiquement que la batterie est bien complètement chargée, se fait à l'intensité faible indiquée précédemment et jusqu'à obtention des indices de fin de charge (tension aux bornes et densité de l'acide

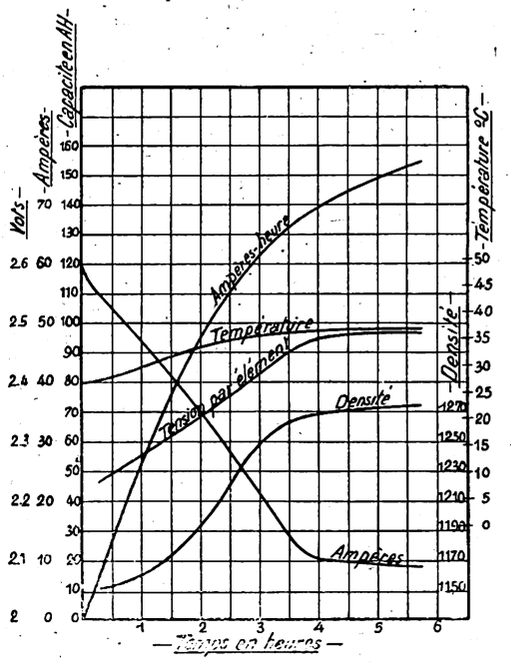


Fig. 20.

Élément Tudor-Ironclad IAE, 4 chargeant par la méthode de charge à potentiel constant modifié.

constantes pendant 4 heures). Même si les charges normales ont été un peu insuffisantes, ce qui à tous points de vue vaut mieux que l'excès contraire, la batterie ainsi traitée n'a pas du tout à en souffrir.

Dans les applications à la traction, on dispose souvent au cours de la journée de périodes de temps pendant lesquelles, la batterie ne travaillant pas, ce temps d'inactivité peut être mis à profit pour une charge partielle. Toutes les fois que la chose est possible, on a intérêt à procéder ainsi d'abord parce que, pour un même service on peut réduire l'importance de la batterie, ensuite pour cette raison qu'une même batterie aura un meilleur rendement et donnera une plus longue durée si elle reçoit des charges partielles que si elle ne reçoit que des charges complètes. Les batteries Ironclad se prêtent admirablement à ces charges partielles appelées dans certains cas des biberonnages. On a tracé en figure 21 les courbes relatives à un élément

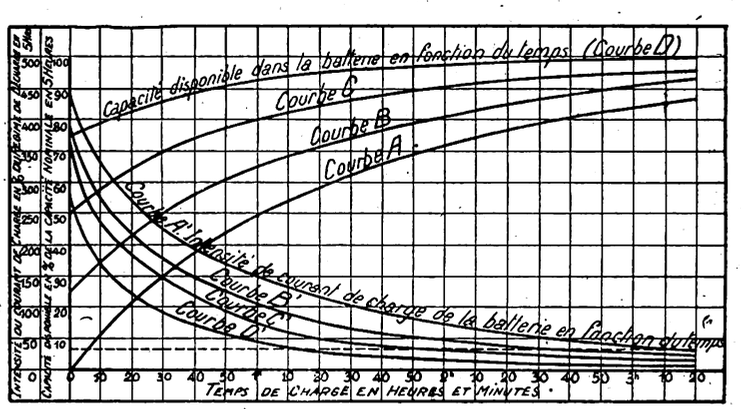


Fig. 21.

Charges-partielles à potentiel constant d'un accumulateur Tudor-Ironclad.

Digitized by Google

Ironclad mis en charge à la tension constante de 2,30 v après avoir débité respectivement 100 pour 100 (courbes AA'), 75 pour 100 (courbes BB'), 50 pour 100 (courbes CC') et 25 pour 100 (courbes DD') de sa capacité au régime de 5 heures. Les courbes A',B',C',D' expriment la variation de l'intensité de courant, en pour 100 de l'intensité qui correspond à la décharge en 5 heures. L'horizontale en trait interrompu donne l'intensité stipulée comme intensité finale de charge. Les courbes A, B, C, D montrent la capacité disponible de l'élément après temps variable de charge partielle dans ces conditions. On voit qu'un élément complètement déchargé peut biberonner en une heure environ 50 p. 100 de sa capacité (courbe A). Déchargé seulement du quart de sa capacité, il reprend dans le même temps 17,5 p. 100 de celle-ci (courbe D).

Conclusions. — Si nous ajoutons à toutes les considérations précédentes que l'accumulateur Ironclad est susceptible d'une très longue durée (plus de 1000 cycles complets de charges et décharges sans baisse importante de capacité) on comprendra l'intérêt particulier qu'offre ce type d'accumulateurs dans toutes les applications à la traction par accumulateurs : camions, tracteurs, chariots d'usines, chariots de gares, locomotives de manœuvres, automotrices de chemin de fer, locomotives à voie étroite, locomotives de mines, etc., et d'une manière générale partout où les qualités de robustesse et de longue durée doivent s'allier aux qualités techniques et économiques de l'accumulateur au plomb.

On s'explique aussi dans ces conditions que l'accumulateur Ironclad ait conquis la première place dans des pays où la traction par accumulateurs est particulièrement développée (Angleterre et surtout États-Unis). Signalons que dans ce dernier pays, il y avait comme véhicules à accumulateurs en service à la fin de 1925, environ 15 000 camions, 15 000 chariots d'usines, 3000 locomotives (principalement locomotives de mines). Toutes ces applications vont en se développant, car les Américains ont reconnu, depuis longtemps, et d'une manière incontestable, les avantages techniques et économiques de la traction par accumulateurs par rapport à la traction à essence.

Ces avantages doivent se présenter à un plus haut degré dans notre pays où le rapport du prix de l'essence à celui de l'énergie électrique est plus élevé qu'en Amérique. Rappelons aussi un point sur lequel nous ne cessons d'insister, c'est l'intérêt de nos usines de production d'énergie électrique dont le facteur de charge serait grandement amélioré par le développement de la traction par accumulateurs, la charge de ceux-ci s'effectuant pendant les heures creuses.

Nous estimons que la traction par accumulateurs est une nécessité économique pour la France et nous sommes convaincu que l'accumulateur Ironclad contribuera puissamment à son développement.

L. Jumau.

LA LAMPE DE T. S. F. MIXTE-GRILLE

Parmi les progrès réalisés dans les lampes de T. S. F., il convient de signaler tout particulièrement l'apparition des *lampes bi-grille*, et les gages de succès qu'une meilleure construction de ces lampes assure aujourd'hui à l'industrie.

I. — Historique.

Sans retracer en détail l'historique des lampes de T. S. F., il convient cependant de rappeler les grandes étapes qui ont jalonné la route du progrès et qui garantissent un développement industriel toujours plus grand aux lampes dérivées du premier audion timidement établi par de Forest.

A l'époque où cet audion fit son apparition, on utilisait déjà l'effet Edison, c'est-à-dire la conductibilité unilatérale entre filament et plaque d'un tube à deux électrodes. Ce tube était précisément celui que M. Fleming avait présenté comme détecteur en 1904. Quand, en 1907, de Forest ajouta au dispositif filament-plaque une grille intermédiaire de réglage, l'audion ainsi créé présentait, grâce à sa grille, un moyen d'amplification et de réglage précieux. On entrevoyait déjà la possibilité d'en développer également l'application pour la production des oscillations; mais le vide imparfait du tube de De Forest était un obstacle à la régularité de son fonctionnement. C'est cette question du vide qui fait la particulière importance des travaux de Langmuir sur la décharge électronique pure, et le caractère si précieux de ses tubes ou pliotrons, dont les caractéristiques sont, suivant l'expression du savant américain, « reproductibles » d'un tube à un autre et permanentes en tout temps par un même tube. En définitive la lampe de T. S. F. était créée et ses développements déjà en germe en 1915.

Dans les années qui suivirent, les services de la télégraphie militaire contribuèrent brillamment à lui donner sa forme définitive et pratique, celle même qu'on désigne aujourd'hui de façon abréviative par les lettre T. M. (juste hommage rendu aux Services qui ont développé la lampe de T. S. F. de forme sphérique, produit des travaux de Langmuir, Abraham, Péri-Biguet, etc.).

Laissant de côté les voies nouvelles ouvertes par l'adoption du filament thorié et la construction des lampes économiques, nous rappellerons que Langmuir avait, peu après sa lampe à trois électrodes, établi des pliotrons à quatre électrodes, différents du premier tube de Langmuir par l'addition d'une quatrième électrode destinée à compenser la charge électronique de l'espace, à obtenir certains effets de réglage et à réduire la tension nécessaire sur la plaque.

Digitized by Google

II. — La lampe bi-grille et ses applications.

Des divers pliotrons proposés par Langmuir, il en est un dont l'intérêt s'est affirmé, dès le début, supérieur à celui des autres. C'est de lui que sont dérivées les différentes lampes bi-grille aujourd'hui reconnues d'un grand intérêt, lampes dont les applications sont séduisantes, mais dont la construction est restée imparfaite pour des raisons évidentes. Le besoin crée l'organe, et l'un des principaux besoins qui pousse aujourd'hui à l'établissement des lampes bi-grille est la nécessité de transformer les fréquences trop élevées des petites ondes, pour éviter les effets de capacité propre à ces ondes courtes et pour assurer l'amplification dans des conditions de fréquence optimum.

On sait que, sous la forme du *Superhétérodyne*, un des récepteurs de T. S. F. les plus modernes assure cette transformation de fréquence pour amener les ondes trop courtes à une fréquence intermédiaire se prêtant mieux que la fréquence incidente à l amplification désirée. Les *changeurs de fréquence* sont utiles, soit qu'il s'agisse d'amplification dans un poste récepteur de T. S. F., soit qu'on ait besoin de modifier la fréquence d'une onde incidente en vue d'une application quelconque.

La lampe bi-grille est un merveilleux instrument de changement de fréquence : pour l'utiliser dans ce but, il suffit de relier son premier circuit de grille au collecteur d'ondes du poste, et d'accoupler son second circuit de grille à son circuit de plaque, afin d'exciter dans la lampe des oscillations locales susceptibles de donner lieu, en se composant avec les ondes incidentes, à une fréquence locale représentant la différence des deux fréquences traversant la lampe.

La fréquence incidente pouvant être quelconque, il convient que la fréquence locale soit réglée en vue du résultat cherché (en particulier pour maintenir la différence des fréquences battant entre elles à la valeur optimum désirée pour l'amplification, lorsqu'il s'agit de recevoir des ondes courtes de T. S. F.).

Sans insister sur ces applications, il n'est pas excessif d'indiquer qu'elles seraient pour longtemps entravées si on n'arrivait pas à construire de bonnes lampes bi-grille, offrant des constantes suffisamment stables d'une lampe à l'autre et une marge de sécurité assez grande dans ses caractéristiques de construction.

Si les deux grilles d'une telle lampe sont disposées suivant des nappes cylindriques différentes, comme c'est le cas dans les lampes bi-grille utilisées jusqu'ici, on risque d'obtenir des tubes délicats et de qualité irrégulière. En effet, comparativement à la lampe de T. S. F. ordinaire, dans laquelle on doit disposer 3 éléments parfaitement concentriques, la lampe bi-grille présente des complications beaucoup plus grandes, puisqu'il faut disposer concentriquement 4 éléments distincts.

De plus, les nappes cylindriques suivant lesquelles les grilles sont disposées sont distinctes, comme on l'a cru nécessaire jusqu'ici, l'intervalle filament-plaque de la lampe n'est plus seulement occupé par une grille mais par deux, et la répartition de cet intervalle est délicate, par suite de sa division en trois parties qui remplace la division primitive en deux parties.

On doit donc considérer comme d'inspiration heureuse la lampe mixte-grille établie récemment.

Les deux grilles de la lampe en question sont des hélices enroulées côte à côte sur une seule nappe cylindrique interposée entre filament et plaque de la lampe. Le mécanisme d'action des deux grilles est différent, évidemment, du mécanisme par lequel on explique communément l'action de la lampe bi-grille précédemment décrite comme changeur de fréquence.

Toutefois, l'effet est le même, et si, l'onde incidente étant amenée à un des circuits de grille, l'autre circuit de grille est accouplé au circuit de plaque pour produire une onde locale de fréquence réglable, on obtient, avec la lampe mixte-grille, le même changement de fréquence qu'avec la lampe bi-grille.

Il semble que chacune des deux grilles agisse en déviant le flux électronique produit dans l'intervalle filament-plaque, et que les deux grilles agissent sur lui de façon indépendante, le résultat de cette action étant la composition de l'onde incidente et de l'onde locale et la production d'une onde intermédiaire, de fréquence égale à la différence des fréquences incidentes et locales.

C'est cette lampe qu'on a appelée mixte-grille, probablement dans le but d'indiquer que, tout en participant de la lampe bi-grille par les propriétés ci-dessus, la lampe en question peut agir comme mono-grille si on réunit par une connexion électrique les deux grilles qui la composent.

De la réunion des deux hélices sur une même nappe cylindrique résultent des avantages évidents, que font prévoir les indications ci-dessus. Tout d'abord, la construction est moins serrée, puisque, du centre à la périphérie, la lampe comporte seulement deux systèmes concentriques au lieu de trois.

La construction de la lampe est donc plus facile; la « reproductibilité » des produits de fabrication étant beaucoup plus parfaite, la régularité de fonctionnement de ceux-ci sera beaucoup mieux assurée, et la lampe mixte-grille est en somme susceptible de donner de meilleurs résultats que la lampe bi-grille, tout en jouissant des mêmes propriétés.

La connexion de grille à grille, suivant qu'on l'établit ou qu'on la supprime, représente, en définitive, la seule différence entre la lampe mono-grille et la lampe mixte-grille. Une société qui entreprendrait la fabrication des lampes suivant le procédé ci-dessus pourrait donc donner les mêmes caractéristiques à toutes les lampes de sa fabrication, qu'elles soient mono-grille ou mixte-grille, suivant les applications auxquelles on les destine.

Sur ces applications, nous aurons l'occasion de revenir, en fournissant, d'ici peu, quelques montages bien dignes

Digitized by Google

d'attirer l'attention et de populariser la lampe mixte-grille en en répendant les applications parmi les amateurs de radio. De ceux-ci, quelques-uns ont, à notre connaissance, acheté de nombreuses lampes bi-grille sans tomber rapidement sur une lampe satisfaisante. Pareil accident n'est plus à craindre aujourd'hui que se trouve simplifiée la fabrication de ces lampes : c'est un encouragement puissant qui devra décider les amateurs à expérimenter les montages bi grille et à en constater par eux-mêmes les merveilleuses propriétés. J. L.

LES ÉLECTRO-AIMANTS DE LEVAGE

La manutention par électro-aimant de levage des fers et des aciers, à l'état brut ou de matière travaillée, est

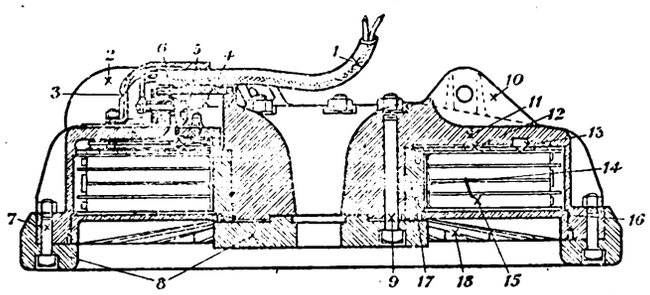


Fig. 1.
Coupe d'un électro-aimant.

une méthode extrêmement économique, où les frais de fonctionnement ne sont souvent que 25 pour 100 de ceux des moyens habituels et arriérés; une installation bien faite peut, d'autre part, être amortie en un an

La figure 1 donne la coupe d'un électro-aimant de conception récente et dont les caractéristiques de construction sont indiquées plus loin. Le corps de l'aimant est évidemment fait de l'acier de dynamo le plus perméable, unissant des qualités mécaniques de résistance et de durée aux meilleures qualités magnétiques. Il comporte des saillies judicieusement disposées pour le raccordement aux chaînes d'attache, et de grosses nervures pour la protection des bornes d'arrivée de courant. Tout l'ensemble s'obtient d'une seule venue de fonderie; des nervures sur la périphérie externe ajoutent de la rigidité, et protègent en même temps les écrous et boulons de maintien du sabot extérieur de l'aimant.

La surface polaire et la gorge d'encastrement de la bobine d'excitation sont soigneusement usinées au calibre.

La périphérie externe du sabot est en acier spécial à haute perméabilité et à grande résistance au choc et à la corrosion. Cette périphérie s'emboîte sur le corps principal de l'aimant. La partie centrale du sabot est également faite en alliage à haute perméabilité, ce qui lui assure une longue durée.

Les bobines d'excitation pour aimants de 1 m et davantage, sont en cuivre enrubanné, bobiné sur un noyau métallique épousant exactement le logement prévu. L'isolement entre couches successives de l'enroulement est assuré par des plaques de mica d'une grande résistance diélectrique et de bonnes qualités thermiques. La bobine est maintenue très serrée contre le corps de l'aimant sans ménagement de couches d'air en qualité de matelas thermique; le nombre de joints est réduit au minimum.

L'élévation de température de la bobine fixe la limite de fonctionnement de l'appareil. Si cette élévation est trop importante, l'augmentation de résistance ohmique qui s'ensuit réduit l'intensité de courant qui parcourt la bobine, et les ampères-tours résultants. Pour assurer, par tous les temps, un rendement maximum à l'ensemble, il est donc nécessaire que la chaleur produite intérieurement, soit finalement et rapidement évacuée vers l'extérieur.

Les bornes d'extrémités de la bobine arrivent sur une boîte terminale spéciale, au-dessus de l'enroulement, formant avec celui-ci un ensemble mécanique. Des goujons maintiennent en place l'enroulement dans sa cavité.

Il peut en être retiré au moyen d'évidements ménagés dans un noyau magnétique.

Le recouvrement de la bobine est en acier au manganèse, non magnétique, et très résistant aux agents extérieurs. La boîte terminale est logée dans une cavité de la masse magnétique. Les connexions y sont

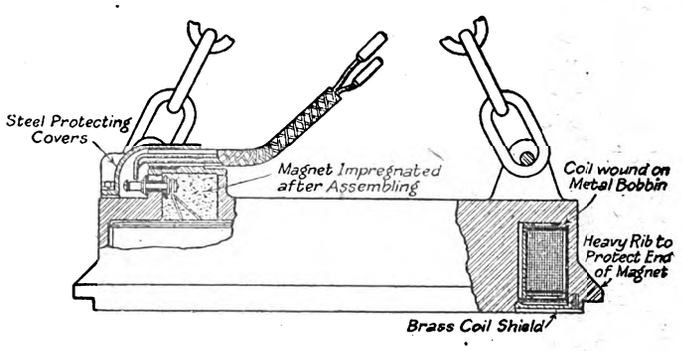


Fig. 2.
Électro-aimant de levage étanche.

faites par conducteurs flexibles, d'une part, à l'enroulement de la bobine, et d'autre part au câble d'alimentation venant de la grue. Les joints entre le recouvrement de la bobine et le corps de l'aimant sont faits à l'amiante. Le tout étant assemblé, est ensuite imprégné intérieurement sous pression.

A cet effet, le réservoir du dispositif d'imprégnation qui contient le compound comporte un tuyau relié d'autre part à un orifice de pénétration dans le corps de l'aimant. Par ailleurs, un second orifice est relié à la pompe

Digitized by Google

d'imprégnation sous pression. L'enroulement est soumis à un vide de 50 cm pendant 3 heures, la bobine étant parcourue par un courant qui élève sa température à 2000 C environ. Ce dégagement de chaleur a pour effet de chasser toute humidité résiduelle, qui est en outre aspirée par le vide partiel. Le robinet du réservoir du compound est ensuite ouvert; le compound chaud pénètre à l'intérieur de l'aimant ainsi que dans un récipient extérieur chauffé. Les valves de la pompe à vide sont ensuite renversées, et le compound injecté est soumis à une pression de 50 kg pendant 3 heures. L'imprégnation est alors terminée, tout espace vide étant comblé, il n'est plus possible à l'humidité de pénétrer à l'intérieur de l'appareil.

La forme circulaire n'est pas la meilleure à donner aux électro-aimants de levage pour la manutention de grandes plaques métalliques, dont la flexibilité normale a pour effet de les soustraire à l'attraction de l'aimant. Une forme rectangulaire convient mieux. La figure 3 donne la coupe d'un appareil de ce genre.

La méthode d'imprégnation décrite plus haut s'est montrée tout à fait satisfaisante lors de fonctionnement d'électro-aimants de ce genre sous 23 m d'eau, dans une rivière. Aucune défection d'étanchéité ne fut relevée après un travail dans ces conditions, où cependant la pression hydrostatique était relativement importante. L'humidité de l'intérieur de l'aimant aurait pour effet d'affaiblir l'isolement, et d'entraîner peut-être des mises en courts-circuits entre spires; il est non seulement nécessaire de parer à l'humidité provenant directement de la pluie, de la neige, ou de la rosée du matin, mais aussi à celle qui pourrait s'infiltrer à l'intérieur de l'appareil, et en charger l'air, d'où elle se condenserait dès que la température de l'électro-aimant s'élèverait.

La rupture brusque du circuit d'alimentation de la bobine, provoque une forte réaction inductive qui développe à ses bornes une force électromotrice élevée.

De fréquentes répétitions de ses ruptures risquerait d'entamer les meilleurs isolants.

Il convient donc de diminuer la valeur de cette énergie de rupture, et de la dissiper hors de la bobine.

Dans certains appareils, elle est absorbée par une résistance dite de décharge qui se trouve automatiquement raccordée aux bornes de l'enroulement lors de la rupture du circuit; elle est retirée, de la même façon, lors de la fermeture.

La commande de l'électro-aimant est assurée par 2 contacteurs : le contacteur principal et le contacteur d'excitation. Le premier peut occuper 3 positions : « Attraction », « Interruption », « Désexcitation ».

En service normal, l'aimant abandonne sa charge, quand le contacteur est dans la position médiane. Quand, cependant, cette charge doit être lâchée instantanément, le contacteur est amené dans la position « Désexcitation », ce qui a pour effet, non seulement de couper le courant de la bobine, mais de le rétablir en sens inverse afin d'annuler l'aimantation rémanente qui peut retenir la charge à l'aimant pendant 1 ou 2 minutes après la coupure du courant.

Le levier du contacteur ne peut rester dans cette position que maintenu par l'opérateur, un ressort puissant tendant à l'en écarter et à le ramener à la position de coupure.

Le panneau des contacteurs est monté sur un bâti qui reçoit également la résistance de décharge; cette résistance est constituée par des grillages métalliques fondus.

J. M.

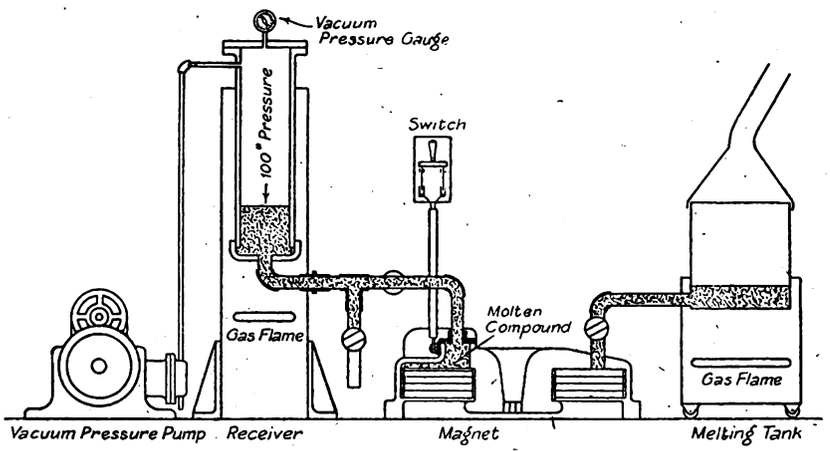


Fig. 3. — Appareil d'imprégnation.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 27 décembre 1926.

Loi de distribution des orages magnétiques et de leurs éléments. Conséquence à en tirer sur la constitution du Soleil, par M. DESLANDRES.

Dans plusieurs notes de cette année (1), j'ai annoncé que les orages magnétiques terrestres, représentés par leur pointe caractéristique ou maxima (2), sont séparés dans le temps par des intervalles qui sont, à de faibles différences près, des multiples de R/6, R/12 et R/24, R étant la durée moyenne de rotation synodique des taches solaires. Comme ces orages sont dus à des particules électrisées rejetées par le Soleil, les points

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 296, 669, 733, 1031, et 185, 1926, p. 165 et 493.

(2) Dans les notes précédentes, l'orage était représenté soit par la pointe du début, lorsque le début est très brusque (orage S), soit par la bande maxima. La division en ces deux types d'orages soulève des critiques et a été abandonnée. Actuellement, tous les orages sont représentés par leur pointe maxima, et il se trouve que la loi expérimentale énoncée précédemment reste la même. Les tableaux publiés précédemment devront être révisés et complétés.

Digitized by Google

d'émission de ces particules, qui sont de véritables volcans, ont une distribution très régulière; exprimés en longitude, ils sont séparés par des intervalles qui sont des multiples de 60°, 30° et 15°.

Cette loi simple a été vérifiée d'abord sur les courbes de la déclinaison magnétique, enregistrée à Meudon depuis juillet 1922. Le dernier minimum ayant eu lieu en 1923, les troubles magnétiques sont redevenus notables seulement à partir de 1925, et l'étude a porté d'abord sur les trois semestres de janvier 1925 à juillet 1926, puis sur les années 1923 et 1924. En même temps, grâce au relevé des grands orages, publiés en 1905 par Maunder, j'ai étendu la recherche aux années 1882 et 1883, qui, comme les précédentes, suivent un minimum de taches. Les résultats ont été les mêmes.

Il faut étudier à ce point de vue une période undécennale entière, et, récemment, j'ai examiné les années de 1920 à 1922 incluse, qui précèdent un minimum. Les données nécessaires ont été fournies par les belles publications de l'Observatoire de Greenwich sur les variations de l'aiguille aimantée. Le volume annuel dit des Observations reproduit les courbes de trois à six orages, choisis parmi les plus importants de l'année, et il donne non seulement la déclinaison D, mais la force horizontale H et la force verticale V; ce qui permet de bien juger la valeur réelle de l'orage. De plus ces publications sont répandues partout et les propriétés annoncées peuvent être aisément vérifiées par tous ceux que la question intéresse.

Dans les publications antérieures sur la matière, il faut distinguer le fait expérimental, non discutable, de son interprétation qui peut varier. Or, le fait expérimental est exactement le suivant (voir le note du 19 juillet) : « Les intervalles entre les perturbations sont des multiples de 60°, 30° et 15°, l'écart avec les longitudes théoriques étant le même pour les perturbations d'un même groupe, mais variable d'un groupe à l'autre. » La variation des écarts a été attribuée à des différences dans la vitesse des particules émises; et même ces différences ont été estimées assez grandes pour expliquer la séparation des trajectoires par le champ magnétique solaire et la durée parfois notable de l'orage.

Pour aller plus loin dans cette voie, j'ai été conduit à relever non plus seulement la pointe maxima, mais toutes les pointes bien nettes de l'orage; et cet examen plus complet a été appliqué d'abord aux orages de Greenwich à partir de 1920; les résultats ont dépassé mon attente. En vue des rapprochements ultérieurs, chaque pointe, définie par la longitude du centre solaire, est représentée par l'expression $n \times 15° \pm \varepsilon$, ε étant un résidu au plus égal à 6 ou à 8. Puis tous les résidus sont groupés dans un tableau qui réunit 14 orages. Les 12 premiers, observés à Greenwich de 1920 à 1922, appartiennent au cycle précédent.

A cause du manque de place, on a écarté les orages de 1923 et 1924 qui, d'ailleurs, étant autour d'un minimum, sont faibles; mais on a ajouté deux beaux orages relevés à Meudon, celui du 1er septembre 1925, le premier important du nouveau cycle, et l'orage du 26 janvier 1926, noté comme le plus fort de cette année.

Les orages sont énumérés dans la première colonne, et la ligne horizontale de chaque orage présente d'abord le multiple de 15° correspondant et ensuite les résidus des pointes successives, inscrits dans 16 petites colonnes (de + 8 à — 6), la colonne $\pm q$ recevant les résidus compris entre $\pm q$ et $\pm (q + 1)$. Les pointes de l'orage se présentent ainsi dans l'ordre où elles apparaissent sur la Terre; lorsque le temps croît, la longitude du centre du Soleil diminue. Cet ordre est aussi celui dans lequel décroît la vitesse des particules qui, émanées d'un même point de l'astre, seraient capables de reproduire toutes les parties du phénomène. L'orage et ses pointes constituent en réalité le spectre magnétique de ces particules, separées et écartées par le champ magnétique de l'astre (1). Dans les grands orages, des particules plus rapides entrent en jeu, la déviation par le champ magnétique solaire est plus faible, et l'orage nous arrive avec une avance notable comme c'est le cas pour l'orage du 22 mars 1920.

Cependant le tableau montre à première vue la loi expérimentale rappelée ci-dessus, est vérifiée nettement avec les orages nouveaux (2). De plus, et c'est un point qui doit retenir notre attention, plusieurs résidus tels que + 8,1, + 4,5 + 3,2, se retrouvent dans tous les orages ou dans plusieurs orages. Les particules émises qui leur correspondent doivent avoir la même vitesse, le champ magnétique solaire, d'autre part, restant à peu près constant. Les intensités seules varient d'un orage à l'autre; d'où le déplacement des pointes maxima, et l'on explique les écarts signalés plus haut entre les groupes d'orage qui ont chacun des intervalles, multiples de 15°. La loi expérimentale devient ainsi plus simple et plus précise.

Finalement tout se passe dans le Soleil comme si, au-dessous de la surface, dont les divers parallèles ont des rotations différentes, se trouvait une couche qui tourne comme un corps solide, avec une durée de rotation égale à R. Cette couche sous-jacente aurait 24 volcans ou brisures uniformément répartis autour de l'axe, qui rejettent au dehors les particules électrisées des masses intérieures. et avec des vitesses, dont quelques-unes, au moins, sont constantes. Un corps radioactif émet un rayonnement qui a la même propriété. Quant à la division régulière de la couche quasi solide, elle ne doit pas étonner; elle est particulière aux corps à symétrie circulaire qui se refroidissent. A l'appui j'ai déjà cité les cassures régulières observées dans la fabrication du verre. La potée refroidie du verrier offre soit la cassure suivant un seul diamètre, soit la division hexagonale, soit la division en 12 ou 24 secteurs égaux. Si le refroidissement est inégal, on a des divisions plus nombreuses ou nettement irrégulières. Tous ces cas se retrouvent dans le Soleil, et le rayonnement corpusculaire de la couche profonde, périodiquement variable, apparaît toujours comme la cause première de toutes les variations undécennales.

Sur le glissement angulaire des poulies et le glissement des brins menant et mené de la courroie (3), par M. SWYNGEDAUW.

On admet actuellement sans conteste, semble-t-il, que, dans une transmission par courroie entre poulies de même diamètre et lorsqu'il n'y a pas de glissement d'ensemble, il y a parfaite égalité entre le glissement angulaire des poulies $\gamma = \frac{N - n}{N}$ et le glissement g des brins $\frac{V - v}{V}$; N et n étant les nombres de tours des poulies menante et menée; V et v étant les vitesses des brins menant et mené.

Les expériences suivantes, répétées un grand nombre de fois sous diverses formes, démontrent nettement, au contraire, que le glissement des poulies est toujours supérieur au glissement des brins.

Une courroie relie les deux poulies en fonte pratiquement

(1) Il n'est pas impossible que l'on remonte un jour à la nature chimique de l'atome ionisé ou radioactif qui lance ces particules.

(2) Après la première étude sur les orages de 1925 et 1926, j'ai noté que les orages forts se montraient avec les multiples de 60°, les moyens avec les multiples de 30°, et les faibles avec les multiples de 15°. Cette distinction ne se maintient par lorsque l'on considère un intervalle de temps plus grand. En fait, un quelconque de sommets du polygone régulier de 24 côtés peut être l'origine d'orages très forts.

J'avais admis aussi trois couches sous-jacentes, ayant respectivement, à partir de la surface, 24, 12 et 6 brisures. Il suffit de supposer 24 brisures permanentes, qui s'entr'ouvrent plus ou moins suivant les cas.

(3) Séance du 20 décembre 1926.

Digitized by Google

identiques de 20 cm de diamètre de deux dynamos frein ; on mesure le glissement des poulies par la méthode électrique décrite dans une note récente (1), qui permet des déterminations très précises malgré la variation inévitable de la tension d'alimentation. Le glissement $\frac{N-n}{N}$ est le rapport du nombre des battements du voltmètre en une demi-minute au nombre de tours du moteur pour les dynamos tétrapolaires utilisées. Comme il s'agit d'apprécier le glissement au dix-millième près, il importe d'éliminer l'influence de la très légère différence inévitable dans les diamètres des poulies; on y parvient notamment en faisant deux expériences dans lesquelles chaque dynamo tourne à la même vitesse successivement en moteur et en génératrice avec le même couple; la moyenne des deux glissements ainsi observés est le glissement qui se produirait si les deux poulies étaient rigoureusement identiques.

On mesure le *glissement des brins* par la méthode stroboscopique décrite précédemment (2) en déterminant la variation de vitesse des brins menant et mené lorsqu'on fait fonctionner successivement chaque machine en génératrice et en réceptrice pour un couple sensiblement le même; le glissement des brins est le quotient de la différence des nombres d'éclipses qui se produit en une minute par le nombre de tours de l'une des roues.

Afin de comparer les glissements sur la poulie menante et sur la poulie menée, on mesure par la méthode stroboscopique (3) la différence de la vitesse de la courroie ΔV entre les deux positions critiques d'adhérence de chacune des poulies. Je rappelle que pour chacun des sens de rotation d'une poulie, la position critique est déterminée par l'angle 15° à 20° que fait le rayon qui y aboutit avec le rayon de prise de contact de la courroie avec la poulie. Le glissement fonctionnel sur la poulie menante Φ_m ou sur la poulie menée Φ_g est le quotient de la variation de vitesse ΔV par la vitesse de la courroie sur la poulie.

Nous rapportons ici quelques exemples empruntés à de très nombreuses expériences concordantes faites à la vitesse linéaire de 12 m par seconde.

CUIR.	$T+t$.	C.	Θ.	γ.	g.	$\gamma-g$.	Φ_m.	Φ_g.
Fleur sur poulie . . .	92	3200	192	48,7	25,5	23,2	31	31
— . .	120	3090	215	42	29	13	24	14
Chair sur poulie . . .	93	3150	192	38	30	8	22	11
— . . .	118	3220	234	35,4	29,6	5,8	19	19
Balata	92	3066	190	31,3	21	10,3	12	6
—	114	3225	226	31	20	11	12	2

Dans ce tableau ci-dessus on indique dans les diverses colonnes :

1° La nature et le mode d'emploi d'une courroie $4 \times 80 = 320$ mm² de section;

2° La tension totale $T+t$ des brins menant et mené en kilogrammes;

3° La tension spécifique Θ du brin menant, en grammes par mètre carré;

4° Le couple C transmis en grammes-mètres;

5° Le glissement des poulies $V = \frac{N-n}{N}$ en dix-millièmes;

6° Le glissement des brins $g = \frac{V-v}{V}$ également exprimé en dix-millièmes;

7° La diffrence $\gamma - g$ en dix-millièmes;

8° Le glissement fonctionnel sur la poulie menante Φ_m;

9° Le glissement fonctionnel sur la poulie menée Φ_g.

(1) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 859.
(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 441 et 616.
(3) *Loc. cit.*

Dans ces expériences le glissement des courroies est purement fonctionnel; on s'en assure en traçant la courbe des glissements des poulies en fonction du couple transmis et en notant d'après ma note précédence (1) l'invariabilité de la vitesse de la courroie au point *d'adhérence critique quand on passe* de la marche à vide à la marche en charge.

Je me borne aujourd'hui à énoncer les résultats acquis avec certitude.

1° *Le glissement des poulies dépasse toujours le glissement des brins.*

2° *Pour un même couple transmis à une vitesse donnée, la différence* $\gamma - g$ *des deux glissements diminue quand la tension augmente en tendant vers zéro pour une tension supérieure à celle pratiquement utilisée.*

3° *Pour un même couple transmis à la même vitesse et à la même tension de pose, le glissement et la différence* $\gamma - g$ *sont plus grands quand la courroie cuir travaille fleur sur poulie que chair sur poulie.*

4° *Le glissement fonctionnel* Φ_m *sur poulie menante dépasse en général le glissement fonctionnel* Φ_g *sur la poulie menée d'une quantité* $\Phi_m - \Phi_g$ *de même ordre que* $\gamma - g$.

5° *Les trois glissements satisfont à l'inégalité* $\gamma > g > \frac{\Phi_m + \Phi_g}{2}$.

On explique rationnellement ces propriétés par une modification assez légère de la conception actuelle du fonctionnement des courroies.

Séance du 4 janvier 1927.

Spectrographie de flammes dans un moteur à explosion, par MM. A. Henne et G.-L. Clark (2).

La spectrographie des flammes dans un moteur à explosion a été récemment étudiée par Clark et Thee (3) dans une étude préliminaire. Ils ont reconnu que la nature des combustibles et le régime du moteur influençaient fortement la longueur des spectres dans l'ultraviolet.

Nous avons repris leur étude en en perfectionnant la technique et en limitant notre travail à l'étude de la relation qu'offre la longueur du spectre avec l'apparition du phénomène de « cognement ». Nous avons donc photographié l'explosion d'un moteur en régime normal, d'un moteur cognant fortement, puis utilisant des combustibles additionnés de corps connus comme antidétonants nous avons pu obtenir une troisième série de photographies. Nous avons comparé entre eux les trois sortes de résultats.

Appareillage. — Les expériences ont été faites à l'aide d'un monocylindre Delco, à compression variable, monté directement sur l'arbre d'une dynamo. Celle-ci, employée comme démarreur au début d'une expérience, sert de générateur d'électricité, le moteur à explosion une fois entraîné. L'utilisation d'un tableau de lampes et d'un rhéostat dans le circuit extérieur permet de modifier la puissance demandée au moteur à explosion : Dans la paroi du cylindre une fenêtre de quartz fondu permet d'observer l'explosion. La température du cylindre, contrôlée par un thermocouple, se règle par un courant d'air de vitesse variable. Le contrôle du cognement se fait à l'indicateur de Midgley et Boyd. Enfin pour pouvoir photographier telle partie de l'explosion que l'on désire, un obturateur réglable a été monté sur l'axe du moteur. Il permet d'obtenir, d'une partie très brève de l'ex-

(1) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 859.
(2) Séance du 20 décembre 1926.
(3) Clark et Thee, *Industrial and Engineering Chemistry*, 18, 1926, p. 528-531.

Digitized by Google

plosion, des poses de plusieurs heures. Nous avons utilisé un spectrographe à prisme de quartz, nous bornant à l'étude de l'ultraviolet.

Résultats : 1° *Explosion complète.* — Un moteur en régime normal offre un spectre d'explosion qui s'étend du visible jusqu'à environ 3400 Å. Si l'on exige, par exemple, une puissance trop considérable du moteur, il se met à cogner. Le spectre s'allonge dans l'ultraviolet; il atteint 2360 Å. Les seules bandes visibles sont 3064 Å et 2811 Å, toutes deux attribuables à la vapeur d'eau.

2° *Explosion photographiée en parties successives.* — Le jeu de l'obturateur permet d'obtenir les quatre quarts successifs de l'explosion. Les relations entre ces quatre spectres dépendent du régime du moteur.

a. En régime normal les quatre spectres sont sensiblement égaux en longueur (limite inférieure 3501 Å) et en intensité (faible maximum dans le deuxième quart). Seules les lignes dues aux métaux constitutifs de la bougie ont pu être relevées.

b. En régime cognant, de premier quart de l'explosion offre un spectre très intense et très allongé dans l'ultraviolet. Les limites en sont : le visible d'une part et 2360 Å de l'autre, Seules les bandes de la vapeur d'eau ont pu être caractérisées de manière sûre. Le second quart est moins intense et moins allongé vers les faibles longueurs d'ondes que le premier; il ne dépasse pas 3064 Å. Les lignes de métaux signalées plus haut y sont nettes. Le troisième et le quatrième quart sont semblables, en longueur, à leur homologue du régime normal. Leur intensité est très faible.

c. Si l'on substitue au combustible d'un moteur qui cogne un combustible antidétonant, en prenant des précautions pour s'assurer que la disparition du cognement est effectivement due à l'utilisation du nouveau combustible, on observe que les quatre spectres sont analogues à ceux obtenus dans le cas du régime normal, et cela malgré que le moteur se trouve dans des conditions telles que la suppression de la substance antidétonante détermine aussitôt l'apparition d'un cognement intense. Les différentes substances utilisées ont été : le plomb tétraéthyl, l'iode, l'aniline et les carbures éthyléniques. Quoique bien différents ces quatre corps agissent de même sur le spectre. Il convient de noter que les lignes du plomb n'apparaissent que dans le premier quart de l'explosion.

Conclusions. — 1° Le cognement serait une libération brutale d'énergie, dont la presque totalité serait développée pendant le premier quart de l'explosion. Une très faible proportion seulement serait mise en jeu pendant la deuxième moitié de l'explosion. 2° L'influence d'un corps antidétonant serait de régulariser l'explosion de manière que la quantité d'énergie libérée par unité de temps varie peu pendant la durée de combustion, ainsi que cela se passe dans un moteur en régime normal. 3° Le fait que les lignes du plomb n'apparaissent que dans le premier quart de l'explosion porte à croire que l'action des catalyseurs se produit uniquement au moment où la réaction se déclenche. 4° De nombreuses explications ont été proposées pour rendre compte du mode d'action des différents antidétonants. Admissibles pour un corps déterminé, aucune n'englobe l'ensemble des antidétonants, ni n'explique le fait que des corps de constitution analogue agissent différemment sur le cognement.

REVUE DE LA PRESSE

ELECTROCHIMIE

Les métaux purs dans l'industrie électrique. (*The Electrician*, 26 novembre 1926.) — De tous les progrès actuels de l'industrie métallurgique, il n'en est pas de plus importants, pour les applications électriques, que ceux qui concernent la production des métaux dits « commercialement purs ». On doit les distinguer des spécialités diverses du marché ainsi que des produits chimiquement presque purs, car ils sont produits en quantités commerciales moyennes; leur emploi industriel demande donc des considérations économiques.

Les métaux absolument purs sont inconnus. Mais, toutes proportions gardées, les propriétés de ceux dits « commercialement purs » diffèrent d'autant plus des propriétés des métaux bruts employés au cours des siècles précédents, que leur degré de pureté s'approche de 100 pour 100. La présence des corps étrangers, même en quantité infinitésimale, semble modifier profondément les propriétés fondamentales d'un métal telles que : sa structure, la répartition des particules élémentaires dans cette structure, sa structure cristalline, l'ordre de ses dimensions et de son développement, la densité et la tension de surface. Les caractéristiques dérivées des précédentes : résistivité, élasticité, dureté, résistance au choc, réactions aux effets corrosifs, et toutes celles des domaines magnétiques, électriques et thermo-électriques, sont affectées dans les mêmes conditions et l'on doit admettre que les constantes physiques d'un métal pur diffèrent considérablement de celles d'un métal non pur.

Les métaux commercialement purs s'approchent davantage et d'une façon plus uniforme de ces constantes que l'on peut appeler « spécifiques », que les métaux dont la composition varie presque à l'infini avec la quantité que l'on en produit, et avec les permutations et les combinaisons de leurs impuretés.

L'industrie électrique en particulier, et d'une façon générale, toute l'industrie dépendent de la connaissance des natures de ces différences, et de la façon dont les impuretés agissent sur les propriétés des métaux, que ces impuretés soient inhérentes aux métaux à travailler, ou qu'elles y soient introduites dans un but déterminé.

La production des métaux chimiquement presque purs est actuellement l'objet de nombreux travaux, dans presque tous les pays. La méthode électrique est presque exclusivement utilisée. Le procédé le plus courant est la séparation électrolytique de sels de solutions suivie d'une nouvelle fusion et d'un affinage au four à induction de haute fréquence, dans le vide. Dans d'autre cas, on électrolyse directement les métaux fondus et purifiés. Le Laboratoire National de Physique et le Bureau des Standards, de Washington ont amené à un très grand degré de perfection les méthodes électrolytiques et autres, même dans le cas de métaux relativement rares, comme le manganèse, le béryllium, ainsi que pour l'aluminium, le cuivre, le zinc et le magnésium que l'on peut aujourd'hui trouver dans le commerce, sous un degré de pureté très élevé. A la vérité, la plupart des métaux industriels s'obtiennent actuellement en quantités importantes, avec une pureté qui aurait fait rêver, il y a 15 ou 20 ans. Le tableau I ci-contre donne une idée des très intéressants résultats auxquels ont pu conduire les méthodes de laboratoires pour la production de métaux approchant la pureté parfaite.

Tous les métaux ci-dessus ne peuvent pas être obtenus commercialement au degré de pureté indiqué. En outre, certains chiffres seraient peut-être sujets à caution. Grard et d'autres ont montré, par exemple, que l'aluminium, même

Digitized by Google

TABLEAU I.

Aluminium [1]	99.990
Cadmium [2]	99.839
Cuivre [3]	96.953
Fer [4]	99.996
Plomb [5]	99.997
Magnésium [6]	99.890
Manganèse [7]	99.980
Nickel [8]	99 999
Étain [9]	99.988
Zinc [10]	99.96

au plus haut degré de pureté, reste contaminable par des quantités d'aluminate insoupçonnables; d'autres, comme Jordan, Peterson et Phelps, ont prouvé que les procédés d'affinage des métaux, tels que le platine, le nickel et le fer pouvaient présenter des dangers d'impuretés de la part des matériaux réfractaires qui les contiennent. Même le zirconium, préparé avec grand soin, ou le fer, lors de la fusion, peuvent ramasser, sans qu'on s'en rende compte, des quantités appréciables de phosphore. L'hydrogène est presque invariablement présente dans les métaux déposés par voie électrolytique. L'oxygène et l'azote peuvent s'y renconter aussi bien.

En outre, dans la plupart des résultats d'expérience consignés dans le tableau ci-dessus, le calcul de la masse du métal a été effectué « par différence ». Ces résultats ne peuvent donc avoir de valeur que si la recherche des impuretés a été faite avec une remarquable perspicacité, et l'expérience conduite avec une adresse extrême. L'auteur rapporte les anomalies qu'il a observées, il y a plusieurs années, dans l'analyse d'un alliage fer-manganèse; la quantité de manganèse, obtenue « par différence », était parfois souillée d'un corps absolument insoupçonnable : le baryum.

Tous les résultats annoncés, en cette matière, doivent donc être acceptés sous caution. Cependant, les qualités des métaux industriels approchent tout de même d'assez près les chiffres cités.

Le tableau II se rapporte à des échantillons de fers de différentes natures, dits « commercialement purs »; ici encore, la masse a été souvent obtenue « par différence ». Ces analyses exigent également, d'extrêmes précautions, quoiqu'il ait été reconnu que pour le fer de Suède, la quantité d'oxygène évaluée ne pouvait être certifiée.

TABLEAU II.

Fers commercialement purs de différentes qualités.

QUALITÉ.	TENEUR EN FER en pour 100.
Fer de Suède	99.858
Fer Lowmoor	98.766
Fer en lingot	99.865
Acier doux	99.560
Fer électrolytique	99.725

Le fer électrolytique ne peut s'obtenir que par quantités relativement faibles à un prix de revient par conséquent onéreux. Dans l'éprouvette d'essai qui a donné le chiffre ci-dessus, la teneur en oxygène ne dépassait pas 0,277 pour 100; le chlore semble n'avoir pu être apprécié.

Palmaer a montré que le fer électrolytique se rouille très rapidement du fait de la présence d'un certain élément, dont il a évalué la teneur à 0,02 pour 100 au cours d'un essai qui a révélé, en outre, 0,02 pour 100 d'hydrogène dans la même éprouvette, même chauffée à 500° C. Sir Robert Hadfield a trouvé, qu'à 1400° C. cette qualité de fer renferme encore des volumes appréciables de mélanges gazeux, parmi lesquels se rencontre l'oxyde simple de carbone.

Des chiffres du tableau II, il ressort que le fer en lingot est commercialement le plus pur qu'il soit possible d'obtenir. Cette qualité de fer, dite « Armco » par nos voisins britanniques, peut s'obtenir en grosses quantités, dans des fours sur sole à charge individuelle de 60 t et plus. Ce fer a été choisi récemment pour fabriquer une importante « pipe line » qui exige un total de 30 000 t de métal (pipe line de Sao Paulo). Étant donné qu'il est le fer le plus pur que l'on puisse trouver sur le marché mondial, il est intéressant d'en exposer les caractéristiques électriques et magnétiques dont la connaissance peut être du plus grand intérêt pour ses applications possibles dans l'industrie de l'électricité. Ces caractéristiques seront énoncées plus loin.

La conductivité électrique d'un métal varie avec la température et avec sa composition; elle ne peut être connue que par mesure directe ou par comparaison avec un étalon. Dans le cas de métaux purs, cette variation est constante, suivant une loi bien déterminée. En outre, les métaux sont d'autant meilleurs conducteurs qu'ils sont plus purs, et, quoiqu'un nombre très restreint de métaux, tels que le plomb, l'étain, le cadmium et le zinc soient susceptibles de constituer des alliages entre eux sans affecter aucunement leurs caractéristiques individuelles de conductivité (Matthiessen), leur alliage avec d'autres métaux donne toujours une résistivité plus grande que celle du métal composant le plus résistant. L'oxygène s'y rencontre invariablement, même dans le cuivre et le fer électrolytiques. On peut l'éviter dans le premier par une seconde fusion et un battage, mais seulement au risque d'y introduire d'autres impuretés.

D'autre part, la refusion du fer électrolytique s'effectue par petites quantités, dans des fours électriques à induction; c'est un procédé très courant et très économique, mais qui n'abrite pas des risques de contamination.

La meilleure conductibilité des métaux purs s'explique par le fait de l'absolue régularité de leur structure cristalline.

La présence d'impuretés gêne le passage des électrons au mouvement desquels on attribue aujourd'hui la nature du courant électrique. Le progrès de l'industrie électrique est étroitement lié à la possibilité d'obtenir à faible prix des métaux de haute conductibilité, susceptibles de pouvoir remplacer, dans certains cas où ils sont prohibitifs, les meilleurs conducteurs électriques habituels, tels que le cuivre ou l'argent. On est donc tenu d'avoir recours au fer, sous sa forme la plus pure qui puisse être fournie commercialement, c'est-à-dire : à l'acier doux et au fer forgé de qualité supérieure. Les considérations mécaniques sont de second plan; le faible prix d'achat et la conductibilité priment; mais il est difficile de les réunir ainsi que l'on peut s'en rendre compte par l'exemple suivant : Un fabricant de rails de chemins de fer est appelé à garantir que la résistivité de la fourniture qu'il offre ne dépassera pas 6,5 fois celle du cuivre. Or, d'après un spécialiste de la question, un acier de ce genre est tout à fait spécial et ne peut être produit que par un nombre très restreint de fabricants.

Le fer en lingot (Armco) réunit les qualités économiques et électriques nécessaires. Ce métal commercialement pur a une résistivité massique de 0,84 ohm par mètre gramme; une résistivité volumique de 10,7 unité-ohms par cm^3; une résistance mécanique de 3,75 à 4 t par mm^2; ces chiffres conduisent à une conductivité volumique et à une conductivité massique respectivement égales à 17 pour 100 et 18 pour 100 de celles du cuivre étalon. De son côté, l'acier doux possède une conductivité volumique qui varie entre 11 et 12 pour 100 de celle du cuivre, c'est-à-dire d'environ moitié de celle du fer en lingot. Des mesures effectuées au National physique Laboratory sur des éprouvettes de fer Armco, en barres, ont donné respectivement 5,45 et 6,17 pour les résistances massiques et volumiques, comparées à celle du cuivre étalon. Ce fer peut être livré en fil, d'aspect noir, ou galvanisé; sous cette forme, il satisfait aux spécifications les plus rigoureuses, et trouve un emploi particulièrement indiqué dans tous les cas où la

Digitized by Google

rouille est à craindre. Un métal pur résiste beaucoup plus à la corrosion qu'un métal contenant des corps nombreux et variés. Des essais comparatifs ont montré que, contre la rouille, ce danger commun de tous les métaux et plus particulièrement du fer et de l'acier ordinaires, le fer en lingot peut résister 3 ou 4 fois plus longtemps qu'un autre métal quelconque.

Au point de vue magnétique, ce fer est équivalent aux meilleures qualités de fer de Norvège; il possède une perméabilité élevée et une faible force coercitive qui en font un matériel idéal pour la constitution des armatures d'électro-aimants et des plongeurs de solénoïdes.

Le point critique du fer Armco est situé entre 850 et 1030° C.; le recuit le meilleur s'obtient aux environs de 760° C. La facilité de soudure des métaux est proportionnelle à leur pureté. Le fer commercialement pur qui résiste déjà bien à la corrosion aura donc en outre l'avantage de se souder parfaitement; ces 2 propriétés le rendent précieux pour la construction des cuves de transformateurs.

Le fer en lingot trouve une autre application importante dans les couples thermo-électriques fer-constantan; il ne donne pas lieu aux courants parasites gênants que l'on rencontre avec les fers plus ordinaires; il est au contraire d'une constance thermo-électrique remarquable jusqu'à la température critique (750° C.). J. M.

MOTEURS

Le nouveau moteur monophasé Krupp. (*The Electrician*, 5 novembre 1926.) — Pour obtenir un couple de démarrage important sur un moteur d'induction monophasé, le Dr Schön propose de doter son circuit magnétique d'un enroulement d'excitation. Un certain nombre de barres de fer doux, uniformément réparties sur la périphérie et tenues par des frétages non magnétiques peuvent entrer en rotation entre le rotor et le stator. Entre ces barres, on a disposé un enroulement d'excitation à courant continu, d'un nombre de pôles égal à celui du stator, ainsi qu'un enroulement en cage. Il a été montré que ce rotor intermédiaire peut être d'une construction extrêmement robuste et sans pertes importantes dans les barres de fer doux. Lors des essais du second rotor d'expérimentation on constata que des rainures semi-ouvertes, et coupées à la surface des barres réalisaient un perfectionnement important. Cet arrangement a été essayé pendant 1 an 1/2. Une autre amélioration consiste à utiliser, pour la construction, des bagues de serrage par retrait dans les canalisations de ventilation; le stator doit être alors fendu. Les pertes à la surface sont réduites par l'emploi de tôles laminées, en paquets.

Pour étudier les propriétés de ce nouveau type de moteur, supposons pour l'instant, que ce stator soit bobiné pour courant triphasé, et qu'il soit excité par un courant de ce genre. L'enroulement d'excitation du rotor intermédiaire permet de compenser le déphasage et de produire, à volonté, un courant réactif en avant. Étant donné que le rotor intermédiaire n'est soumis à aucun effort mécanique il se placera lui-même dans une position telle que l'axe du flux coïncidera avec ses arcs de bobinages. Le stator sera parcouru par un courant purement déphasé en avant. Une modification de la valeur de ce courant permettra de faire varier la capacité de surcharge du moteur. Si on appelle x_1 la valeur de la réactance statorique, I_e l'intensité du courant réactif en avant fourni par l'excitation, et E la tension normale au point neutre du moteur, la valeur du couple sera sensiblement proportionnelle à : $(E + x_1 I_e)^2$. Donc, en modifiant l'excitation, c'est-à-dire I_e, la capacité de surcharge au moteur peut varier dans une marge assez large, limitée seulement par l'échauffement. Sans excitation, le moteur est dans de très mauvaises conditions du fait de son grand courant magnétisant et de ses fentes importantes. La compensation du déphasage peut s'effectuer par toutes les vitesses comprises entre celle de départ, et celle du synchronisme.

Les fluctuations de la tension d'alimentation perdent ici de leur importance, puisqu'elles peuvent être compensées par la variation de l'excitation.

Si l'on en vient maintenant au moteur monophasé, le champ antagoniste est pratiquement annulé par les enroulements d'excitation (disposés comme un enroulement triphasé) et l'enroulement en cage; en sorte que le champ transmis au rotor est, pratiquement, un champ triphasé parfait. Le rotor travaillera donc comme celui d'un moteur triphasé, et la vitesse sera réglée par l'insertion d'une résistance dans le circuit rotorique. Des raccordements en cascade sont possibles.

On a trouvé, au cours des essais, que l'intensité de court-circuit restait très inférieure à celle donnée par le diagramme du cercle du moteur, pour une excitation correspondant au couple maximum; la valeur de cette intensité est même inférieure à celle de pleine charge.

Le démarrage du rotor intermédiaire s'effectue par un enroulement statorique auxiliaire. Une combinaison de résistance et de bobine de réactance, fournit un champ elliptique qui amène, en quelques secondes, le rotor intermédiaire à pleine vitesse.

La fermeture de l'enroulement d'excitation sur une source de courant continu synchronise alors l'ensemble.

Pour un changement du sens de marche d'une locomotive, par exemple, le sens de rotation du rotor intermédiaire doit être inversé, ce qui s'effectue très rapidement. La locomotive étant à l'arrêt, le rotor intermédiaire continu à tourner en fournissant une ventilation énergique utile. Il n'est pas possible qu'il se décroche, puisqu'il n'a aucun effort mécanique à supporter. Mais il est indispensable de veiller à ce que les résistances de phase du rotor soient bien équivalentes, surtout dans le cas de résistances liquides.

Ce nouveau moteur peut être construit pour une fréquence quelconque. De même que le moteur d'induction triphasé, il permet le freinage par récupération ou sur des résistances, avec l'avantage complémentaire de travailler avec un facteur de puissance égale à l'unité.

En résumé, il réalise, à la fois, les avantages du moteur d'induction monophasé à haute tension, pour la traction, et ceux des moteurs d'induction sans commutateurs. J. M.

DIVERS

L'industrie électrique suédoise. (*The Electrical Review*, 21 janvier 1927). — L'industrie électrique suédoise s'est encore développée au cours de 1926. Elle accuse un total d'exportation de 24,4 millions de kronen de janvier à novembre, contre 18,4 millions l'année précédente. L'industrie téléphonique a marqué une augmentation sensible; les commandes s'y rapportant ont atteint le chiffre de 20 millions de kronen, dont 16,5 millions d'ordres étrangers. Les commandes exécutées au cours de l'année représentent un total de 14 millions, et les ordres en portefeuille au début de 1927, 20 millions, c'est-à-dire le double de ceux de l'année 1924. J. M.

L'industrie radioélectrique en Norvège. (*The Electrical Review*, 21 janvier 1927.) — Diverses nouvelles stations de radiodiffusion ont été ouvertes en Norvège qui couvriront sous peu la superficie totale du pays. On estime à 8 000 000 de couronnes le montant des appareils de réception déjà vendus, et à 100 000, le nombre des postes déclarés. La qualité de ces appareils a été sensiblement améliorée et peut maintenant rivaliser avec ces produits étrangers. J. M.

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

91 174. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris. — 1927.

Digitized by Google

36e Année. — N° 832 25 Février 1927.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

REDACTEUR EN CHEF
ALFRED SOULIER
Le 2e vendredi de chaque mois de 15 h. à 16 h.

ABONNEMENTS
Paris et Départements : 30 francs par an.
Union postale : 40 francs par an.

ADMINISTRATION
9, rue de Fleurus, 9. — Paris (VIe)
TÉLÉPHONE :
Ségur 04-23 et **Ségur 04-44.**

Adresser tout ce qui concerne la rédaction au Rédacteur en Chef, 9, rue de Fleurus.

Pour toute demande de numéros de L'Industrie Électrique *on est prié de joindre, à la demande, le montant de l'envoi, en timbres-poste ou en mandat postal.*

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — Accident mortel dû à l'incompétence d'un « ingénieur ». — Essais des agents chimiques recommandés pour activer la charge des batteries. — L'installation hydro-électrique de l'Innwerk Bayerische Aluminium Gesellschaft. — L'électrification en Tchéco-Slovaquie. — Un grand nombre des postes émetteurs radiotéléphoniques américains demande une nouvelle organisation. — L'opinion anglaise sur les conférences internationales télégraphiques. — L'industrie des câbles en Allemagne. — Production et consommation de l'énergie en Espagne. 75

REMARQUABLES PROPRIÉTÉS DES ALLIAGES DE NICKEL ET DE FER. **A. Z.** 77

LES MACHINES D'EXTRACTION A COMMANDE ÉLECTRIQUE (*suite et fin*). **P. Fournier.** 79

L'AMÉLIORATION DU RENDEMENT DES DISTRIBUTIONS FONCTIONNANT A FAIBLE CHARGE. **P Normier.** 84

LA NATURE DE L'ARC ÉLECTRIQUE ET LES IDÉES MODERNES VISANT A L'EXPLIQUER. **L. J.** 88

LA PROTECTION DES GROSSES MACHINES ÉLECTRIQUES CONTRE L'INCENDIE. **A. Z.** 88

COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES. — Sur un pendule libre entretenu par un courant photo-électrique et sur son application au problème de l'heure, par MM. **G. Ferrié** et **R. Jouaust.** — Sur une image mécanique de l'hystérésis et sur l'inconstance de l'exposant de Steinmetz, par M. **Paul-Gabriel Girault.** — Sur la possibilité de mettre en accord la théorie électro-magnétique avec la nouvelle mécanique ondulatoire, par M. **Louis de Broglie.** — Peut-on déceler directement le moment magnétique de l'électron? par **Léon Brillouin.** — Diamagnétisme des substances mésomorphes; orientation des corps smectiques par le champ magnétique, par M. **G. Foëx.** — Un enregistreur de la fréquence des atmosphériques : son utilisation en météorologie, par MM. **R. Bureau, A. Viaut** et **A. Gret.** — Sur un phénomène sonore perçu pendant une aurore polaire très intense, par M. **Hans Jelstrup.** — Températures de transformations magnétiques dans le système fersesquioxyde de fer, par MM. **J. Huggett** et **G. Chaudron.** 89

REVUE DE LA PRESSE. — *Questions théoriques* : Émission de radiations de courte longueur d'onde par les corps faiblement conducteurs. — Les rayons δ de collision. — *Traction électrique* : Extension des chemins de fer électriques en Angleterre. — *Mesures électriques* : L'essai magnétique des aciers. — *Divers* : Générateurs électriques à refroidissement par hydrogène. 94

INFORMATIONS

Accident mortel dû à l'incompétence d'un « ingénieur ». — Il y a quelque temps déjà, on a pu lire dans certains journaux quotidiens que dans un village des Deux-Sèvres un contact s'étant produit entre les circuits *haute* et *basse tension* du transformateur d'un poste rural plusieurs personnes avaient reçu de fortes commotions et l'une d'elles, une dame, avait été tuée net.

Une enquête sommaire a permis d'établir que l'accident était dû à des fautes d'installation dénotant une rare incompétence chez ceux qui avaient présidé à l'établissement du poste de transformation. C'est ainsi qu'il n'y avait pas de dispositif de mise à la terre automatique, système Cardew ou autre fonctionnant en cas de passage du courant à haute tension sur la basse tension. Il paraîtrait même que le transformateur, d'un très ancien modèle, aurait été établi pour une tension bien inférieure à celle prévue. Il en serait résulté un échauffement exagéré de ce transformateur dont le fer travaillait à une induction fort élevée et les enroulements dont l'isolant a fini par disparaître sont venus en contact.

De pareils errements sont profondément regrettables, surtout à l'heure actuelle où l'électrification rurale se développe un peu partout. Il n'est pas douteux que de tels accidents jettent un discrédit sur les installations électriques, lesquelles si elles étaient faites suivant les règles de l'art, n'offriraient aucun danger. Le malheur a voulu d'autre part que l'étude et le contrôle de l'installation ci-dessus aient été confiés à un soi-disant ingénieur, comme il y en a tant aujourd'hui, ne présentant aucune garantie technique, aussi ne saurions-nous insister pour que les industriels et même les administrations apportent à l'avenir un peu plus de soin dans le choix de leurs ingénieurs. Sous prétexte d'économie, bien mal placée d'ailleurs, ils acceptent parfois les services de n'importe qui et il faut ensuite des accidents retentissants pour leur ouvrir les yeux. Non seulement ils gagneraient à éviter de tels mécomptes, mais encore ils éviteraient de jeter un discrédit sur la corporation tout entière et c'est pourquoi le *Syndicat professionnel des Ingénieurs Électriciens* s'est ému en apprenant le récit de cette affaire que la presse locale a voulu étouffer mais qui doit au contraire recevoir ici la publicité qu'elle mérite.

Digitized by Google

Essais des agents chimiques recommandés pour activer la charge des batteries. — Dans *L'Electrotechnische Zeitschrift*, du 12 août, M. K. Arndt rend compte des essais qu'il a faits sur des agents chimiques recommandés de divers côtés pour accélérer la charge des batteries, et spécialement des batteries effectuant un service sévère, sur les voitures automobiles, pour l'éclairage des phares, l'allumage des moteurs et le démarrage des véhicules.

La charge de ces batteries est, ainsi qu'on le sait, assurée par le moteur lui-même, ce qui suppose un équilibre soigneusement établi entre les périodes de marche du moteur, à faible charge ou à vide et les décharges fournies par les batteries pour l'éclairage et les autres services de la voiture.

S'il y a déséquilibre, on peut faire appel à une source d'énergie extérieure, mais on a souvent prétendu que certains agents chimiques à l'état solide ou liquide pouvaient, si on les ajoutait à l'électrolyte, donner aux batteries un regain d'énergie, ou au moins accélérer leur charge jusqu'à en réduire la durée à une demi-heure.

L'auteur, ayant des raisons de douter de l'efficacité de ces produits de composition inconnue, a acheté cinq des plus vantés, qu'il a soumis à une analyse chimique et à des essais de service.

Les résultats de ces essais ont été *négatifs* ainsi qu'il résulte d'un compte rendu publié par l'*E. T. Z.*, et, après lui, par l'*Electrical World*, du 6 novembre.

En résumé, il convient de mettre en garde les automobilistes contre l'emploi de ces agents chimiques, parce qu'ils ont été reconnus inefficaces et dangereux malgré leur prix élevé (que l'auteur évalue à 10, 20, ou 100 fois le prix de revient des composants chimiques utilisés pour leur préparation).

L'installation hydro-électrique de l'Innwerk Bayerische Aluminium Gesellschaft. *E. T. Z.*, 5 août 1926. — Il est intéressant de connaître le développement de cette société qui a fourni à l'Allemagne une partie de son aluminium.

La formation de la Société fut décidée pendant la guerre, à la suite du blocus, l'Allemagne dut chercher à se rendre indépendante de l'étranger pour certains produits, en particulier l'aluminium et les engrais azotés. La société, créée en 1917, comprenait primitivement l'Empire, la Bavière et trois firmes industrielles : Gebrüder Giulini G. m. b. H., A. E. G., Siemens-Schuckert Werke; celles-ci, au cours des années postérieures à la guerre, par suite de la situation économique, furent obligées de se retirer. Actuellement, l'Etat allemand et l'Etat libre de Bavière sont seuls propriétaires.

Après avoir été envisagée pour un débit maximum de 150 à 165 m³ : sec et une puissance d'environ 50 à 55 000 ch, l'installation fut décidée pour un débit de 300 à 330 m³ : sec et une puissance de 100 000 à 115 000 ch à la suite d'un examen approfondi des conditions hydrographiques et géologiques du bassin. Le but de l'usine devait être tout d'abord uniquement la fourniture du courant à des fabriques d'aluminium; ensuite, il fut décidé d'alimenter également des usines d'azote, de carbure de calcium et de cyanamide. L'industrie de l'aluminium devait consommer la puissance minimum constante, celle de la cyanamide, le surplus disponible mais variable. Les services de la fabrique d'aluminium de Töging, où se trouve l'installation de l'Innwerk, furent, en outre, fusionnés avec ceux de la firme « Vereinigte Aluminium Werke A. G. », de Lautawerk, qui est également propriété de l'Etat Allemand.

La fabrication d'aluminium envisagée comportait le *raffinage*, par voie électrolytique, de sels fondus, opération qui exige l'emploi de courant continu et une intensité de 15 000 A. Pour les autres utilisations, l'alimentation fut prévue en courants triphasés.

L'ouvrage hydraulique comporte un canal d'amenée, bétonné, de 20 km de longueur partant d'un barrage de 140 m de largeur, installé sur l'Inn ; à Jettenbach, une chambre d'eau avec conduites forcées et centrale hydro-électrique à Töging, un canal de fuite rejoignant l'Inn à 2,8 km en aval de Töging. La chute brute est de 34 m, la chute moyenne utile de 31 m. Le tronçon utilisé sur l'Inn a une longueur de 40 km, y compris la zone de remous, qui s'étend sur 8 km et a exigé la construction de 19 ponts. Le barrage a une longueur de 127 m entre culées et comporte 6 écluses de 17 m de largeur, munies de vannes doubles, montées sur galets, à commande simultanée ou indépendante à volonté; la hauteur maximum des vannes est de 8,5 m alors que la hauteur d'eau est de 6,5 m, en eaux moyennes.

La commande séparée des deux panneaux des vannes permet de contrarier les veines fluides et d'amortir partiellement l'énergie cinétique de celles-ci; elle présente, en outre, d'autres avantages du fait que l'Inn roule des galets et des glaçons. La maçonnerie du barrage est ancrée au moyen de 17 caissons. Le barrage peut laisser passer 4000 m³ : sec alors qu'en hautes eaux, exceptionnellement, le débit n'atteint que 2900 m³ : sec. Les vannes du barrage sont manœuvrées par moteurs électriques; une grue mobile permet la mise en place de caissons, montés sur galets, qui permettent d'isoler complètement, de l'aval et de l'amont, chaque écluse.

La prise d'eau, sur la rive gauche de l'Inn, est normale au barrage et comporte un déversoir de 21 ouvertures de 5,6 m de largeur sur 4,5 m de hauteur. Un bassin de décantation de 100 × 300 m suit la prise d'eau. Le canal, de section trapézoïdale, est, suivant les endroits, en déblai ou en remblai; la pente est de 1/12000, la vitesse étant égale à 1,2 m : sec. jusqu'au km 6; sur les 14 km restants, la pente est de 1/6500 et la vitesse passe à 2 m : sec; les tirants d'eau correspondants sont 6 et 8 m. Un autre bassin de décantation précède immédiatement la chambre d'eau. A côté de cette dernière, sur la rive droite du canal, se trouvent 4 siphons à amorçage automatique, d'une puissance totale d'aspiration de 110 m³ : sec; l'eau aspirée débouche, par deux ajutages métalliques dans un bassin bétoné, circulaire, de 8 m de profondeur; les jets sont dirigés de façon à se contrarier et à s'amortir en outre sur un bloc de béton armé sous le matelas de 8 m d'eau. De sorte que le dispositif utilisé, dénommé destructeur d'énergie, permet à l'eau arrivant à la surface et passant, en outre, à travers un système de grille métallique de se déverser tranquillement et de gagner, par deux cascades, le canal de fuite.

En plus des 4 siphons indiqués, 3 vannes de fond, servant au nettoyage du bassin de décantation, précédant la chambre d'eau, se déversent dans un troisième ajutage débouchant également dans le destructeur d'énergie; débit des vannes compris, on peut rejeter 150 m³ : sec dans le canal de fuite. Au kilomètre 6 se trouve une première réinstallation de siphons automatiques pouvant absorber 125 m³ : sec l'eau aspirée étant rejetée directement dans l'Inn. Les gros débits des installations de sécurité ont été prévus pour parer à tout risque d'élévation du niveau de l'eau dans le canal qui se trouve en remblai sur une assez grande partie de son parcours, la surface de l'eau se trouvant au-dessus des campagnes avoisinantes.

Le débit d'un minimum, imposé par les règlements et fixé à 5 m³ : sec, est utilisé dans une petite centrale installée à côté du barrage et utilisant une chute de 7 m. L'énergie électrique produite sert à l'alimentation des moteurs des treuils de vannes, de la grue servant à manœuvrer les caissons d'isolement des écluses, et à l'éclairage.

Des grilles, grosse et fine, d'une longueur de 100 m et munies d'une machine spéciale de nettoyage à commande électrique, précèdent les 15 compartiments de la chambre d'eau: chacun d'eux, en béton, passe d'une section rectangulaire, à l'entrée, à une section circulaire, à la sortie, pour se raccorder aux conduites forcées. Des caissons permettent également d'isoler chacun de ces compartiments qui possède,

Digitized by Google

en outre, une vanne de fermeture à chute libre et action rapide, d'un poids propre de 9 t porté à 15 t au moyen de ballast, commandée soit lentement à volonté, soit rapidement par un triple dispositif : celui-ci assure le fonctionnement par commande directe du treuil, au moyen d'un levier, soit automatiquement en cas de rupture de la conduite forcée ou de commande à distance manœuvrée de la centrale. En cas d'action rapide, la vanne se trouve mise en place au bout de 16 secondes; un frein à huile réduit la vitesse en fin de course de façon à éviter un choc brutal. Des 15 compartiments de la chambre d'eau partent 15 conduites forcées en tôle, de 4 m de diamètre intérieur; les parois ont environ 13 mm d'épaisseur; les tôles, d'acier Siemens-Martin sont assemblées par rivetage. Une seizième conduite de 900 mm de diamètre et et 10 mm d'épaisseur de paroi alimente la turbine d'excitation.

La centrale couvre une surface de 21 × 176,5 m et se trouve reliée par deux ponts praticables, passant sur le canal de fuite, à la salle des fours et aux bâtiments d'usine; un troisième pont relie la centrale au bâtiment de distribution des courants triphasés.

Les turbines sont les mêmes pour toutes les génératrices, à la différence près des roues, du fait que les machines ne tournent pas à la même vitesse, suivant qu'elles sont à courant continu ou à courants triphasés; elles n'ont qu'une roue, sont du type Francis et sont munies d'un régulateur; elles ont été fournies par la firme Schichau, de Elbing. Elles sont prévues pour fournir une puissance de 9650 ch, pour un débit de 28,3 m³: sec sous 31,5 m de chute et donnant 10 600 ch sous 34 m. Les enveloppes des turbines, en acier coulé, de 35 à 40 mm d'épaisseur, ont un diamètre extérieur, de 5,5 m et sont, au moyen d'entretoises, reliées aux socles des génératrices. Les roues des turbines sont montées en porte-à-faux et assemblées rigidement, par plateaux, aux arbres en acier-nickel des génératrices électriques. Les arbres, paliers, appareils de commande sont interchangeables; les socles, en deux pièces, ont mêmes dimensions pour toutes les machines. Les groupes n'ont que deux paliers, l'un simplement porteur, entre turbine et machine électrique, l'autre porteur et de butée.

Caractéristiques des génératrices à courant continu. Construction S. S. W, Nombre de machines : 7; 5775-6375 kw, 385-425 v, 15 000 A, 150 t : min. Excitation shunt; vitesse d'emballement égale à 1,8 fois la vitesse normale: service continu de jour et de nuit; $P\,D^3 = 304$ t : m². Deux collecteurs composés chacun de deux collecteurs élémentaires réunis par lamelles aidant au refroidissement et à la ventilation. Bobinage d'induit et des pôles de commutation ainsi qu'enroulements de compensation doubles, chacun des circuits symétrique étant relié à l'un des collecteurs. Ces derniers et l'induit sont isolés au mica. Des résistances, en parallèle avec les enroulements des pôles de commutation permettent de procéder à un réglage précis; les balais sont décalables. 24 pôles, 24 lignes de 11 balais en escalier, pour élargir la zone de commutation. La ventilation exige 20 m³ : sec d'air : celui-ci rentre dans la machine des deux côtés, passe sous les collecteurs, le croisillon d'induit et sort par les canaux de ventilation de ce dernier, balaie les enroulements logés sur la carcasse et sort par les ouvertures de celle-ci; une partie de l'air sort par les canaux séparant les collecteurs élémentaires et les connexions de mise au collecteur : la poussière des balais ne peut donc pénétrer dans la machine. Induit et collecteur, dans ces conditions, indiquent une surélévation de température de 30° C. Largeur de carcasse entre pattes : 6770 mm; diamètre extérieur de carcasse : 5700 mm; longueur axiale, huches d'aspiration comprises : 3600 mm; diamètre extérieur d'induit : 4100 mm; diamètre extérieur des collecteurs : 2400 mm; diamètre d'arbre aux portées du croisillon d'induit : 670 mm; celles-ci sont doubles et ont chacune 525 mm; la longueur totale de la portée étant 1000 mm. Croisillon d'induit emmanché à la presse sur l'arbre muni d'un ressort et de deux clavettes tangentielles. Poids de la carcasse, y compris couronnes porte-balais, couvre-enroulements et huches d'aspiration : 55 t. Poids de l'induit avec collecteur, arbre non compris : 37,5 t. Poids de l'arbre seul : environ 13 t. Carcasse, croisillons d'induit et de collecteurs en acier coulé. Ces machines représentent, à l'heure actuelle, les génératrices shunt les plus puissantes. De chacune des bornes de ces machines partent, directement à la salle des fours, 7 barres d'aluminium de chacune 175 × 15 mm, ce qui donne une section de 18375 mm² et une densité de 0,8 A/mm².

Chacune des génératrices alimente un groupe de cuves montées en série; cinq groupes fonctionnent constamment, deux machines sont en réserve. Le milieu de chaque groupe de bains est, au moyen d'une résistance, mis à la terre, ce qui a permis d'exécuter l'installation comme type basse tension. Aucun disjoncteur; couplage des cuves par sectionneurs manœuvrés à vide.

En raison des fortes intensités, des dispositions particulières ont été prévues pour les appareils de mesure qui sont revêtus d'un blindage magnétique, se trouvent au-dessus d'un plancher en fer, et sont reliés à des shunts. Un groupe spécial entraîné par la turbine d'excitation permet le fonctionnement des génératrices à excitation séparée. Un groupe convertisseur est en réserve et peut également fournir le courant d'excitation.

Les rhéostats d'excitation des génératrices sont manœuvrés de la salle de fabrication. Un relais à surintensité, à action rapide, se trouve sur chaque canalisation positive des génératrices : il coupe le circuit d'excitation et le court-circuite sur une résistance dite d'oscillation, ce qui permet, en quelques secondes, d'annuler la tension aux bornes. Un relais à surtension permet de réduire le champ d'excitation, en cas de suppression brutale de la charge. Lampes de signalisation, tableaux à voyants, indicateurs de réception des ordres, signaux acoustiques et optiques complètent l'installation à courant continu.

Caractéristiques des génératrices à courants triphasés. Construction A. E. G. Nombre de machines : 8; 8200 kv-A, 5750 kw, $\cos\varphi = 9{,}7$, 6000-6600 v, 790-720 A, 214 t : min, triphasé, 50 per : sec, 28 pôles, excicatrice en bout de 92 kw, sous 220 v. Les excitatrices sont excitées séparément au moyen de deux excitatrices spéciales du type Osanna. Chacun des alternateurs peut être excité séparément par une excitatrice entraînée par la turbine d'excitation. Un groupe de réserve moteur-générateur est également prévu dans ce but. Vitesse d'emballement : 1,8 fois la vitesse normale. $P\,D^2 = 400$ t : m². Carcasse du stator en deux pièces; tôle du stator, d'épaisseur 0,5 mm, fixées à la carcasse par clavettes à double queue d'aronde, serrées au moyen de couronnes en acier et de boulons. 336 encoches, 2 barres-encoche, enroulement imbriqué, conducteurs divisés et torsadés, isolation par micanite, encoches ouvertes fermées par cales, têtes de bobines solidement assujetties. Roue polaire à pôles acier, pièces polaires en tôles feuilletées à paquets décalés, amortisseurs puissants comportant également des barres dans les espaces interpolaires; enroulements inducteurs en cuivre méplat, spires isolées au carton comprimé : toutes les 3 spires, le cuivre déborde de 10 mm pour former ailette de radiateur. Diamètre extérieur des tôles du stator : 4330 mm; alésage des tôles du stator : 4000 mm; longueur d'empilage, 15 canaux de 10 mm compris : 820 mm. Les bagues d'excitation sont en acier et emmanchées sur une douille en acier. Les machines sont fermées et auto-ventilées. L'air échauffé n'est pas rejeté dans la salle des machines; il est canalisé dans une conduite d'évacuation qui le conduit soit à l'extérieur des bâtiments, soit dans ces derniers en vue du chauffage. Un bâtiment de distribution, de plusieurs étages, complète la partie courants

Digitized by Google

triphasés. Deux départs de lignes se font dans la direction de Hart à la tension de 100 000 v; une troisième ligne à 20 000 v dessert en particulier les installations du barrage. La puissance hydraulique disponible étant supérieure à celle qui était prévue, en vue de pouvoir l'utiliser on envisage d'améliorer le facteur de puissance sur les réseaux et à la centrale même. Des condensateurs dynamiques *asynchrones* doivent être installés, l'un des 5000 kv-A réactifs AV dans la centrale, à Töging même, deux autres, d'une puissance unitaire de 10 000 kv-A réactifs AV, au centre de consommation, à Hart. Les circuits 100 000 v alimentés actuellement par deux transformateurs, l'un de 30 000 kv-A, l'autre de 15 000 kw-A recevront encore l'énergie récupérée ainsi par un troisième transformateur, également de 30 000 kv-A. Ch. F.

Électrification en Tchéco-Slovaquie. (*The Electrical Review*, 7 janvier 1927.) — Des plans pour l'électrification de la Tchéco-Slovaquie orientale auraient été récemment soumis à Kosice. Le directeur des usines électriques de Presov propose la construction d'une station centrale hydro-électrique sur les rives du Poprad, où l'on peut utiliser une chute de 65 m susceptible de fournir 6000 ch. Cette station centrale serait la première d'un réseau éventuel constituant les usines électriques de la Tchéco-Slovaquie orientale. Le gouvernement participerait aux dépenses à engager, ainsi que les diverses municipalités directement intéressées au projet. La station centrale fournirait de l'énergie électrique à Presov, et a Levoca par l'intermédiaire de Kezmarok. Lors de son fonctionnement un chemin de fer électrique pourrait être construit entre Podelin et Luboteny, qui relierait cette région de la vallée de Poprad au réseau de chemin de fer Slovaque. J. M.

Un grand nombre des postes émetteurs radiotéléphoniques américains demande une nouvelle organisation. (*The Electrical Review*, 7 janvier 1917.) — Le major-général J.-G. Harbord, président de la Radio Corporation américaine déclarait récemment que le nombre maximum de longueurs d'ondes utilisables aux Etats-Unis ne dépasse pas 89, c'est-à-dire le dixième seulement du total des émetteurs actuellement en service ou qui le seront dans un avenir prochain. Le bureau national de la coordination radiotéléphonique a saisi d'urgence une commission chargée d'étudier le problème qui touche une industrie dont le chiffre d'affaire atteint 600 millions de dollars par an et intéresse 20 millions de personnes. Cette commission a conclu à la nécessité immédiate d'une revision de la législation actuelle, étant donné que le nombre des postes émetteurs augmente à raison de un par jour. Elle réclame le vote immédiat d'une loi de contrôle permanent et accepte le principe de la White Bill pour que ce contrôle soit effectué par une commission radiotéléphonique fédérale et le ministère du Commerce des États-Unis. J. M.

L'opinion anglaise sur les conférences internationales télégraphiques. (*The Electrician*, 21 janvier 1927.) — La Chambre de Commerce de Londres estime que les règles et conventions télégraphiques actuelles tendent à limiter plutôt qu'à encourager le développement des transmissions télégraphiques et radiotélégraphiques. Cet état de fait viendrait, d'après elle, de ce que les conférences n'ont lieu que tous les cinq ans, et aussi de ce que les délégués qui s'y rencontrent n'ont que des pouvoirs très restreints. Il serait souhaitable que les compagnies de câbles aient une influence plus effective dans les questions qui les intéressent, en même temps que les usagers de ces câbles.

Bien que la constitution actuelle de la Commission internationale ne puisse être considérée comme parfaite, il est douteux que la réalisation de l'opinion ci-dessus lui apporte des améliorations. Cette Commission traite en effet les questions de communications, non seulement du point de vue technique mais également des points de vue politique et administratif; il est donc normal qu'elle soit plutôt une réunion d'experts. Il est d'ailleurs incontestable que les avis des compagnies de câbles sont pris en considération par leurs délégués nationaux. J. M.

L'industrie des câbles en Allemagne. (*The Electrical Review*, 21 janvier 1927.) — D'après le *Deutsche Bergwerks Zeitung*, la commande des chemins de fer du Reich, concernant la fourniture de 230 km de câbles (6 000 000 de marks) serait enfin passée, et répartie entre une douzaine de constructeurs différents assurant à chacun un mois de travail environ. La livraison totale doit être faite au milieu de 1927. En ce qui concerne le dernier câble téléphonique Berlin-Vienne, le tronçon allemand a été fourni par les Süddentsche-Kabelwerke, de Munich, Felten et Guilleaume, à Nuremberg, et les Kabelwerke Duisberg; le montant des commandes reçues par ces compagnies s'est élevé à 3 ou 4 millions de marks. J. M.

Production et consommation de l'énergie en Espagne. — Il n'existe en Espagne aucune statistique officielle sur la production de l'énergie ni sur les puissances des différentes stations centrales.

Cependant des documentations particulières fournies par les journaux et par le ministère du travail ont permis d'apprécier d'une manière assez exacte la situation de l'industrie électrique en Espagne.

Il existait en 1925, ce sont d'ailleurs les derniers chiffres relevés, 2153 centrales produisant une énergie totale d'environ 1 million de ch; le fait le plus frappant et le plus caractéristique de cette production est que 1618 de ces centrales, c'est-à-dire à peu près les trois quarts, sont hydrauliques et produisent en tout plus de 700 000 ch.

Notons en passant que la plus puissante centrale hydraulique est de 56 000 ch et qu'une centrale thermique atteint 20 000 ch.

Il y a actuellement en Espagne un groupe très important de production qui comprend quatre sociétés :

Barcelona Traction, Light and Power Co, Riegos y Fuerzas del Ebro, et la *Energia Electrica de Cataluña*.

Ce groupe très supérieur à tous autres a l'avantage de desservir la partie la plus riche et la plus active du pays et applique les méthodes modernes d'exploitation tant au point de vue technique que commercial.

Les autres sociétés d'exploitations souffrent souvent des conditions géographiques et économiques du pays : les torrents sont souvent à sec, les transports de charbon très coûteux et les centres de vente relativement éloignés les uns des autres, il en résulte que les centrales sont très disséminées et en général de faible puissance. On estime, en effet, que seules 40 centrales dépassent 5000 ch, toutefois quelques centres industriels et commerçants permettent une exploitation régulière et fournie avec un facteur d'utilisation convenable.

Par suite l'énergie se trouve distribuée à des tarifs très différents et en général sensiblement élevés. A titre d'indication nous citerons les prix suivants :

	Pesetas
Eclairage	8,10 à 1,30 par kw-h.
Petite industrie.	0,15 à 0,40 —
Grande industrie. . . .	0,60 à 0,15 —

Ces prix sont donnés en pesetas qui vaut actuellement 4,25 fr mais dont la valeur marchande est inférieure.

Nous pouvons conclure, d'après les chiffres fournis, que dans la région active du pays notamment à Barcelone, à Madrid et à Bilbao, l'exploitation des sociétés de distribution est fort intéressante puisque beaucoup rapportent des dividendes de 8 à 10 pour 100 et ne cessent de s'étendre. A. S.

Digitized by Google

REMARQUABLES PROPRIÉTÉS DES ALLIAGES DE NICKEL ET DE FER

On sait que des recherches très remarquables ont été faites sur les alliages magnétiques, et que, malgré le petit nombre des éléments magnétiques susceptibles d'entrer dans la composition des alliages spéciaux, on n'a mis au point que depuis peu de temps la technique spéciale de ces alliages, aujourd'hui si recherchés pour certaines applications, mais si peu connus encore.

I. — Les alliages dans lesquels entre le nickel.

Deux *métaux à propriétés magnétiques précieuses, le fer et le nickel*, sont presque tous mis à contribution dans les alliages en question, et c'est à la famille des ferro-nickels qu'appartiennent, en fait, les nombreux alliages précieux connus sous les noms suivants : *Invar, Elinvar, Permalloy, Mumetal, No-Mag, Permax.*

La documentation d'ensemble sur cette remarquable famille d'alliages est encore peu développée. On la trouve représentée à peu près exclusivement par quelques publications :

De T. D. Yensen, dans le *Journal of the Franklin Institute* de 1925, n° 199, p. 333;

De MM. H. D. Harnold et G. W. Elmen dans le *Journal of the Franklin Institute* de 1923, n° 195, p. 621;

De M. D. Binnie dans le *Journal of the Royal Technical College* de décembre 1925, p. 5.

Plus récemment, l'*Electrician* du 26 novembre, a, sous la plume de M. W. T. Griffiths publié, sur les alliages mentionnés ci-dessus, des considérations et des données qui sont d'un intérêt considérable et dont il convient de noter les plus indispensables.

II. — L'invar.

Le plus connu (1) des alliages ferro-nickel est l'invar, alliage à 36 pour 100 de nickel, dont les applications dérivent surtout de son *faible coefficient* thermique, mais aussi en partie de sa *faible force coercitive*, qui le rend précieux pour l'établissement de certains relais délicats.

III. — L'élinvar.

L'élinvar, qui contient 36 *pour* 100 *de nickel et* 12 *pour* 100 *de chrome* offre une remarquable *constance dans ses propriétés élastiques* lorsqu'on en fait varier la température; c'est donc un développement intéressant du premier des alliages au nickel ici énumérés dont les propriétés mécaniques et physiques sont précieuses et déjà connues : non seulement, en effet, leurs précieuses qualités mécaniques font rechercher les alliages de nickel, mais ceux-ci offrent encore des qualités physiques dignes d'être retenues pour de nombreuses applications, et en particulier une *résistance à la corrosion* qui est aujourd'hui connue surtout dans le cas du *Monel*, alliage naturel de nickel, de fer et de cuivre.

La *résistance électrique* de certains alliages de nickel est également remarquable, en ce qu'ils présentent un maximum correspondant à peu près à une teneur en nickel de 30 pour 100.

IV. — La fonte no-mag.

La fonte connue sous le nom de No-Mag, produite par Ferranti, comporte 10 pour 100 de nickel et 5 pour 100 de manganèse. Elle a pour propriétés remarquables d'être non magnétique, comme l'indique le nom conventionnel qu'on lui a donné, et d'offrir une forte résistance, de bonnes qualités mécaniques, des facilités d'usinage et une texture à grains serrés fort appréciée.

En passant rapidement sur les alliages ci-dessus, nous avons réduit le nombre des alliages étudiés par M. W. T. Griffiths à quelques-uns dont la nouveauté offre un attrait particulier et dont les applications tendent à se répandre depuis peu.

V. — Alliages magnétiques de nickel.

Le Permalloy, le Mumetal, le Permax, sont en effet très remarquables par leurs *propriétés magnétiques, et surtout leur perméabilité initiale élevée* ainsi que leur faibles pertes *hystérétiques*.

Quand le *permalloy* a fait son apparition on a commencé à apprécier combien pouvait être précieux un alliage offrant des pertes hystérétiques aussi peu élevées. En effet si on représentait à même échelle le cycle hystérétique d'un échantillon de permalloy et celui d'un fer recuit de qualité spéciale, tel que l'Armco on constaterait que la *surface du cycle d'hystérésis de ce dernier échantillon est égale à 40 ou 50 fois celle du permalloy.*

Le *Permalloy* (de la Western Electric C°) comporte 70 à 82 pour 100 de nickel.

Le *Mumetal* (de la Gutta Percha C°) 74 à 75 pour 100 de nickel pour 20 à 25 pour 100 de fer, de petites quantités de cuivre et de manganèse.

Le *Permax* (de la Société Anonyme de Commentry-Fourchambault et Decazeville) a une composition qui ne lui permet pas d'offrir une perméabilité aussi élevée que les deux précédents, mais il offre des propriétés magnétiques dont la permanence est particulièrement remarquable. Par exemple dans des champs variant de 200 gauss à 1 gauss il a une force coercitive qui varie seulement de 0,48 à 0,45.

VI. — Alliages plus complexes comportant du nickel.

La Gutta-Percha C° a breveté encore des alliages dont la composition n'est *pas limitée au nickel et au fer*, mais

(1) Grâce aux remarquables travaux de M. Ch. Ed. Guillaume.

Digitized by Google

qui comportent des proportions variables de *cuivre*, de *chrome*, de *vanadium*, de *tungstène*, etc., de sorte qu'elle a donné à ses alliages, en même temps qu'une perméabilité initiale relativement élevée, une *résistance spécifique considerable*.

La Western Electric C° a également admis dans des alliages qu'elle a étudiés, d'autres composants que le fer et le nickel ; elle a notamment breveté un alliage contenant 55 pour 100 de nickel, 34 pour 100 de fer, et 11 pour 100 de chrome, alliage qui, après un traitement approprié, offrirait une perméabilité beaucoup plus élevée que le fer et l'acier au silicium et qui, malgré cela réaliserait une résistance de 100 microhms par cm³, alors que le fer en a seulement 11.

On voit qu'on peut réaliser de très nombreuses combinaisons pour faire varier la résistivité et les propriétés magnétiques des métaux en en dosant convenablement les éléments. Par exemple, si on désire associer à une résistance élevée une perméabilité élevée, on fait choix d'alliages comportant 40 à 50 pour 100 de nickel. Si, au contraire, on désire une forte résistivité et une faible perméabilité magnétique, c'est à l'alliage à 30 pour 100 qu'on donne la préférence.

Dans certains cas l'alliage à 50 pour 100 de nickel offre plus d'avantages que l'alliage à 78 pour 100. D'abord il a, d'après T. D. Yensen, une saturation de 50 pour 100 plus élevée et une résistance électrique de 100 pour 100 plus élevée ; et, pour des forces magnétisantes allant de 0,08 à 0,25 gilberts par cm, il a une perméabilité plus élevée que le fer pur à l'alliage à 78 pour 100.

Tous les alliages nickel fer comportant 35 à 80 pour 100 de nickel ont de faibles pertes hystérétiques et une faible force coercitive.

Il serait trop long d'examiner quelles peuvent être les applications de ces divers alliages, et il suffira d'indiquer en quelques mots combien sont précieuses les propriétés et combien sont déjà fécondes les applications des alliages comportant 70 à 80 pour 100 de nickel, alliages dont *les qualités ne tiennent pas seulement aux dosages qui viennent d'être indiqués, mais encore aux traitements thermiques qui accompagnent ce dosage*.

VII. — Permalloy.

Pour donner le meilleur exemple possible de l'importance que présente le traitement thermique des alliages du genre permalloy, indiquons les prescriptions du brevet Western Electric C° pris aux États-Unis en 1921 pour le permalloy. L'alliage de cette famille jugé le plus avantageux par la Western Electric offre une composition de 78,5 pour 100 de nickel et 21,5 pour 100 de fer avec des impuretés maintenues aussi réduites que possible. Il lui est appliqué un traitement thermique comportant le chauffage de l'alliage à 900° C. pendant une heure, suivi d'un refroidissement lent, suivi lui-même d'un réchauffage de 600° C., suivi enfin d'un passage de 600° C. à 500° C. suivant une progression bien déterminée, progression dépendant naturellement de la forme de l'alliage et pouvant être assurée, pour le ruban de permalloy, par le refroidissement dans l'air ou un moyen analogue de refroidissement.

Avec un tel alliage on constate une perméabilité initiale atteignant 15 000, *c'est-à-dire plus de 30 fois la perméabilité du meilleur fer doux*.

Bien qu'ayant une valeur de saturation d'intensité magnétique comparable à celle du fer, le permalloy atteint presque la saturation dans le champ magnétique terrestre.

Sa *faible hystérésis* et sa *faible force coercitive offrent une importance considérable toutes les fois que l'alliage est soumis à une force magnétisante et à un flux résistant subissant des variations rapides*. C'est précisément ces propriétés qui le rendent si recommandable en télégraphie sous-marine, et c'est à cette première application surtout que l'a consacré la Western Electric C°, dont les premiers brevets ont avant tout visé la *charge des câbles sous-marins au moyen du permalloy*.

En effet, ces câbles agissent comme de véritables condensateurs, dont une des armatures correspond à l'âme conductrice, et dont l'autre correspond à l'enveloppe métallique et au réseau environnant. Quant au diélectrique, il est constitué par la matière isolante qui enveloppe ces deux éléments.

Sous l'effet de cette capacité et de la résistance du câble, les signaux dus au courant transmis dans le câble subissent une prolongation et un retard, sensibles aussi bien à l'établissement qu'à la rupture de chaque signal à transmettre.

Chaque fois, en effet, le courant doit s'établir très lentement et prendre fin très lentement, de sorte que la vitesse de travail du câble (ou vitesse de transmission des signaux) se trouve limitée d'une façon très préjudiciable pour l'économie du câble en service. Il est connu depuis longtemps qu'on peut surmonter en grande partie ces difficultés en enveloppant le conducteur d'un fourreau de matière magnétissante qui en recouvrirait toute la longueur. Par malheur, les faibles forces magnétisantes qu'on met en jeu, dans la signalisation, aussi bien que la faible perméabilité réalisable dans les câbles par les meilleures substances magnétiques connues jusqu'ici comme pouvant fournir la gaine constituant la charge, étaient trop minimes pour offrir un avantage marqué, sauf dans le cas des câbles de petite longueur.

Avec le permalloy, la charge continue du câble dans toute sa longueur peut être employée avantageusement, et on a réalisé cette charge continue avec succès en tirant d'elle une augmentation de 4 à 5 fois la vitesse de travail.

C'est ce qu'on a déjà pu vérifier en partie pour les premières applications du permalloy, faites entre la côte ouest des États-Unis et l'île Santa-Catharina.

Les alliages ci-dessus auront encore d'autres applications, et on peut classer, parmi celles-ci, toutes celles en vue desquelles ils sont particulièrement recomman-

Digitized by Google

dables en raison de leur *perméabilité élevée*, de leur *faible hystérésis* et de leur grande *résistivité électrique* : par exemple pour les *relais*, les *récepteurs téléphoniques*, les *transformateurs*, les *électro-aimants* de certains instruments de mesure, et dans tous les cas enfin où les effets électro-magnétiques désirés doivent résulter de l'emploi de courants de très faible intensité.

VIII. — Le traitement thermique des alliages et leur pureté.

Une partie intéressante de l'étude de M. W. T. Griffitus est celle qu'il consacre aux effets nocifs d'un traitement thermique imparfait : d'après M. D. Binnie, ces effets affecteraient très gravement les qualités de ces alliages, et des inconvénients analogues se manifestent toutes les fois qu'il subsiste dans ceux-ci des impuretés et tout spécialement des traces de charbon.

Dans le cas où on constaterait des efforts internes résultant d'un mauvais traitement thermique, que l'auteur appelle « overstrain », on en aurait raison en répétant le traitement thermique. C'est d'ailleurs ce qu'on fait aujourd'hui dans la pratique, en répétant le traitement thermique sur le câble qui a reçu son ruban de permalloy.

La Western Electric C° remédie d'ailleurs à la sensibilité de ses alliages à l' « overstrain » en imprégnant l'alliage, après qu'il a reçu son traitement thermique, d'un produit de condensation des phénols tel que la bakélite. Celui-ci, appliqué sous forme semi-liquide, se solidifie et forme une masse rigide et dure, qu'on peut soumettre à toutes les applications ordinaires sans craindre d'altérer la perméabilité de l'alliage associé à la bakélite.

La même société a également reconnu, que si la teneur en nickel est élevée à 81 pour 100, le permalloy obtenu perd un peu de ses qualités magnétiques mais perd aussi sa trop grande sensibilité à l' « overstrain », ce qui indique la possibilité d'un compromis susceptible de réparer pratiquement les effets d'une trop difficile technique de dosage et de traitement thermique. A. Z.

Remarque. — Le fer, surtout par ses alliages, offre comme on vient de le voir des ressources nouvelles à l'électrotechnique, aussi ne saurait-on trop insister pour que les laboratoires techniques dirigent de ce côté leurs efforts. Il y a certainement encore beaucoup à faire dans cette voie, d'autant plus que le fer s'est révélé déjà au point de vue chimique comme un métal extrêmement curieux.

N. D. L. R.

LES MACHINES D'EXTRACTION A COMMANDE ÉLECTRIQUE

(*Suite et fin* (1))

Affaiblissement du champ du moteur d'extraction pendant les pauses.— Dans le but de réaliser quelques économies, on peut installer un dispositif qui, automatiquement, insère une résistance dans le circuit de l'excitation du moteur d'extraction lorsque le levier de manœuvre se trouve dans la position médiane. La figure 55 indique schématiquement comment fonctionne un pareil dispositif dont la construction doit être particulièrement soignée ; si, en effet, le contact *c* devient défectueux au cours d'une cordée, le moteur peut prendre instantanément une vitesse exagérée et le ralentissement automatique, d'autre part, est moins énergique.

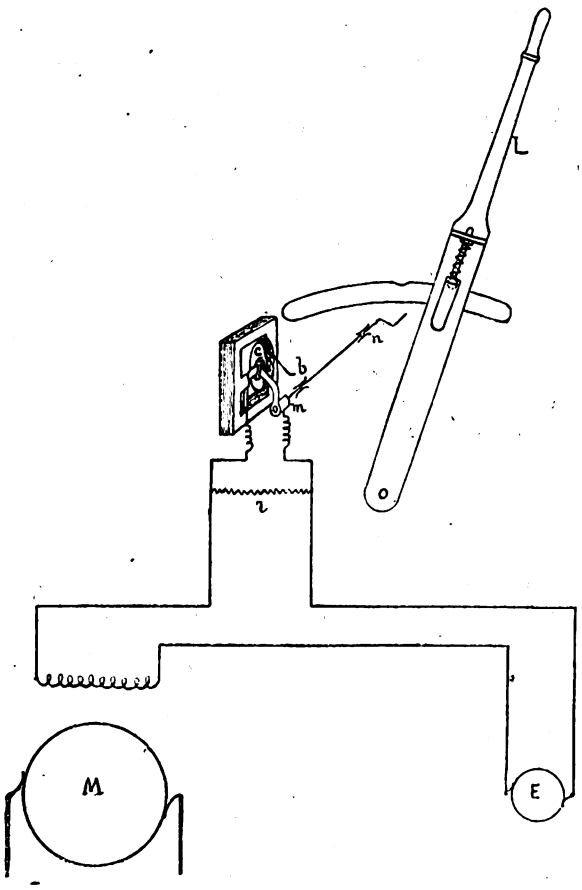


Fig. 55.

Affaiblissement de l'excitation du moteur d'extraction pendant les pauses.

M. Moteur d'extraction.
E. Excitatrice.
C. Contact commandé par le levier de manœuvre L.
b. Bobine de soufflage.

Aussi, par crainte d'un accident, on peut se demander

(1) Voy. *L'Industrie électrique* du 25 novembre 1926, p. 509 du 25 décembre 1926, p. 557, du 10 janvier 1927, p. 7 et du 25 janvier 1927, p. 29.

Digitized by Google

si cet appareil est à préconiser. Le petit calcul suivant permettra de se faire une opinion.

Soit une machine d'extraction commandée par un moteur de 700 ch demandant pour son excitation environ 45 amp sous 220 v. Pendant les pauses, le courant d'excitation est réduit à 20 amp. L'extraction journalière est d'environ 1500 chariots; la cage contient 4 chariots et la cordée dure 50 sec auxquelles il faut ajouter 10 sec pour les manœuvres aux recettes.

Le nombre de cordées au charbon par 24 heures est de $\frac{1500}{4} = 375$, plus environ 40 cordées pour les manœuvres de personnel et les visites, soit au total 415 cordées.

Le moteur est donc pleinement excité pendant $\frac{50 \times 415}{3600} = 6$ heures environ par jour; le groupe convertisseur marchant pendant 18 heures, l'affaiblissement du champ porte sur 12 heures. L'économie réalisée est donc : $\frac{(45-20)\,220}{1000} \times 12 = 70$ kw-h environ par jour ou 7,70 fr à raison de 0,10 fr kw-h.

On voit que cette économie doit peu influer sur le prix de revient de la tonne de charbon extraite.

Tableau. — Il comprend généralement une partie haute et une partie basse tension soigneusement séparées car dans cette dernière aura accès le personnel non spécialisé; le tableau peut être constitué par une simple ca-

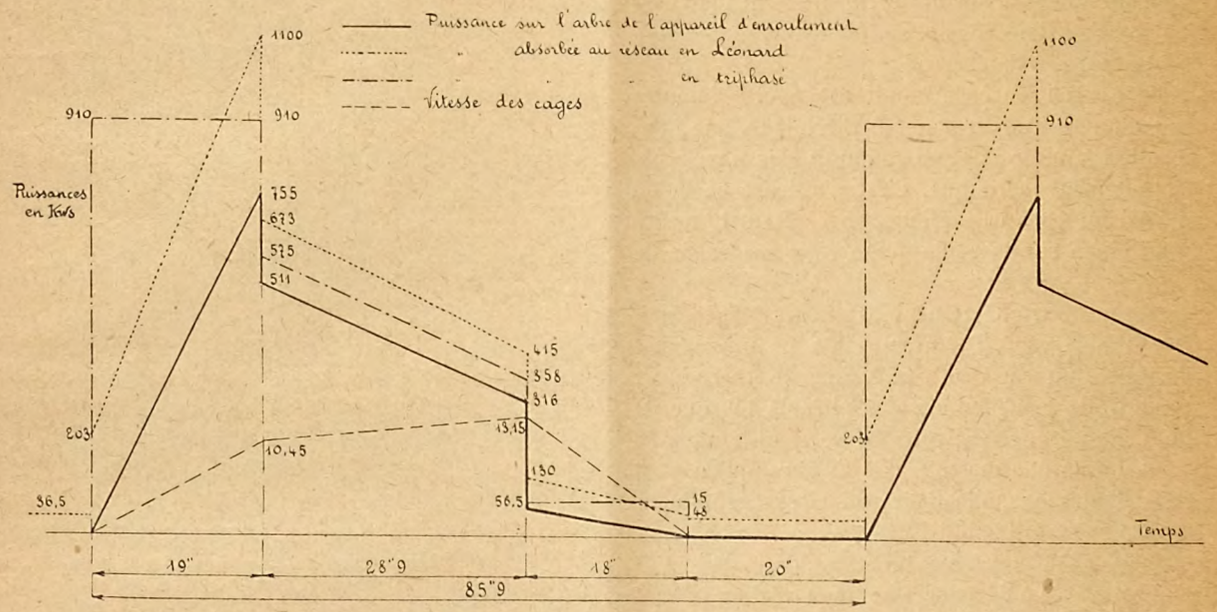


Fig. 56.

Consommations : Système Léonard 8,45 kw-h; Triphasé direct 8,90 kw-h.

bine comme sur la photo 19, ou alors par un véritable poste avec cellules représenté sur la photo 10.

Comparaison des deux systèmes de commande des machines d'extraction. — Nous allons résumer cet article en faisant la comparaison des deux systèmes de commande : par moteur asynchrone triphasé et par moteur à courant continu.

A priori, sauf pour bien des cas spéciaux, cette comparaison est nécessaire si l'on veut faire un choix judicieux de la machine d'extraction à installer; nous la ferons porter sur les différents points suivants :

Puissance des moteurs. — La puissance pour l'un et l'autre système peut être aussi élevée qu'on le désire.

Prix d'achat et frais d'installation. — Pour le triphasé les frais sont faibles en comparaison de ceux exigés par le continu; le prix de l'équipement électrique en triphasé est environ moitié moindre qu'en continu avec groupe Léonard; avec un groupe Illgner la différence est encore plus sensible. Une machine d'extraction commandée en triphasé étant plus simple et son encombrement plus réduit, les frais d'installation seront également moindres.

Rendement. — Pour des puits profonds et ne nécessitant que peu de manœuvres aux recettes, le triphasé a l'avantage sur le continu, même lorsque ce dernier est fourni par un groupe Léonard.

Le rendement en triphasé devient défavorable lorsque la vitesse du moteur s'éloigne du synchronisme. Si la vitesse d'extraction ne dépasse pas celle du personnel limitée à 10 mètres : sec, le moteur marchera toujours à sa vitesse de régime; pour les visites du puits à faible vitesse, on utilisera le freinage à action graduée en chargeant la cage descendante et en faisant la visite avec la cage montante. Dans le cas où la vitesse à l'extraction dépasse 10 mètres : sec, les manœuvres avec le personnel pourront s'effectuer néanmoins économiquement, soit

Digitized by Google

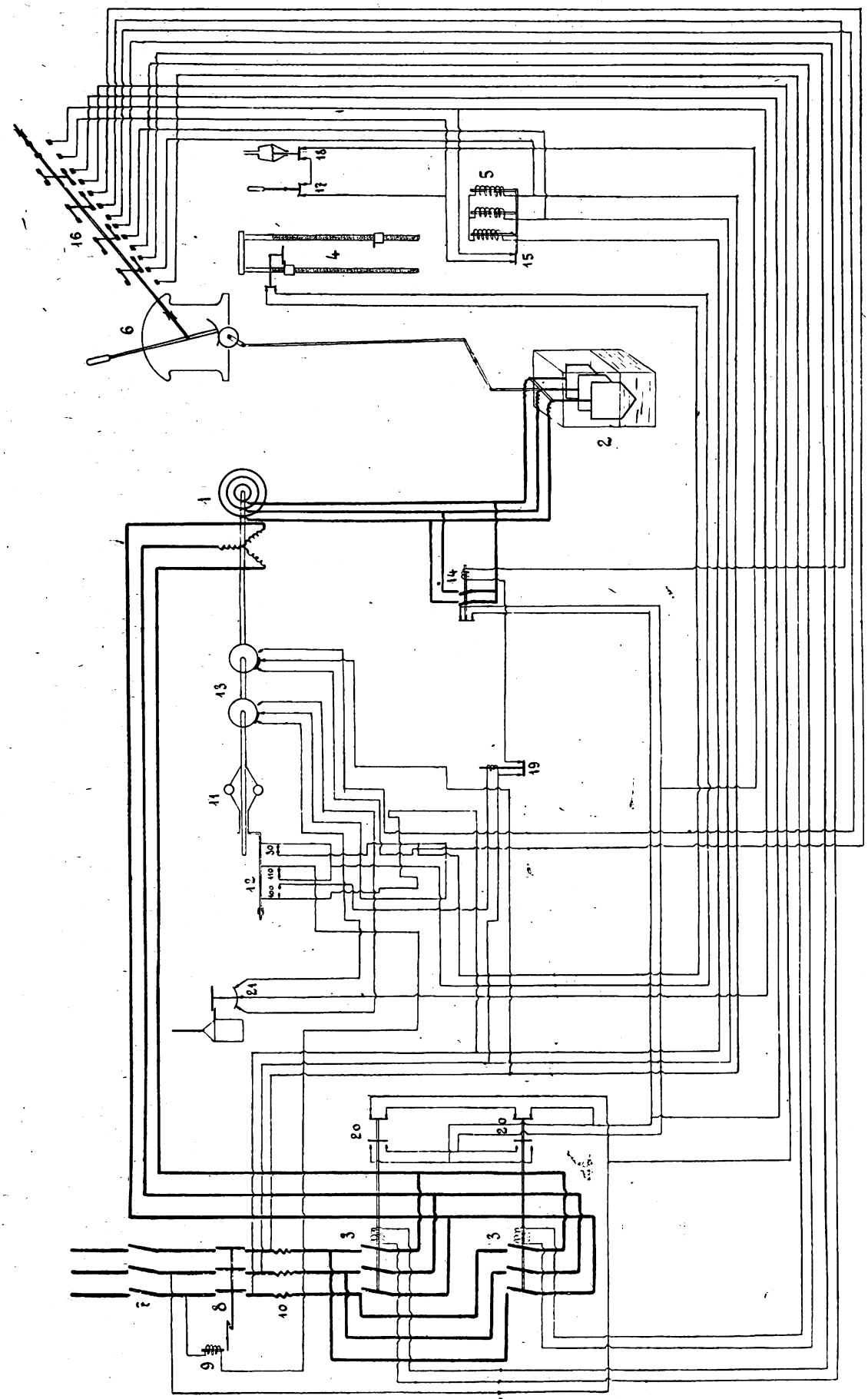


Fig. 37. — Schéma général d'une machine commandée par un moteur asynchrone triphasé.

Digitized by Google

avec un moteur de secours de plus faible puissance, soit en installant un autre moteur monté en cascade avec le moteur d'extraction; le rendement dans ces conditions restera favorable; les descentes de charge se feront avec récupération lorsque le moteur fonctionnera en génératrice asynchrone. En comptant sur un rendement du moteur triphasé de 0,92 et sur celui du train d'engrenages (pignon et roue) de 0,96, le rendement global à pleine charge est donc $0{,}92 \times 0{,}96 = 88$ pour 100 environ.

Avec l'équipement continu, on ne peut compter pour le moteur d'extraction sur un rendement supérieur à 0,90 et pour la génératrice sur un rendement supérieur à 0,92; le rendement global sera certainement inférieur à pleine charge à $0{,}90 \times 0{,}92 = 83$ pour 100 puisque nous n'avons pas fait intervenir les pertes dues à l'excitation des deux machines; le rendement serait encore abaissé avec l'emploi d'un volant d'uniformisation. Il ne faut pas oublier non plus la puissance absorbée par le groupe marchant à vide pendant les pauses et pouvant atteindre 100 ch avec un groupe Illgner.

La figure 36 se rapprochant de celle d'un article publié dans la *R. G. E.* par M. Hacault permet de faire la comparaison des consommations pour les deux systèmes. La machine d'extraction à laquelle se rapportent ces diagrammes a les caractéristiques principales suivantes.

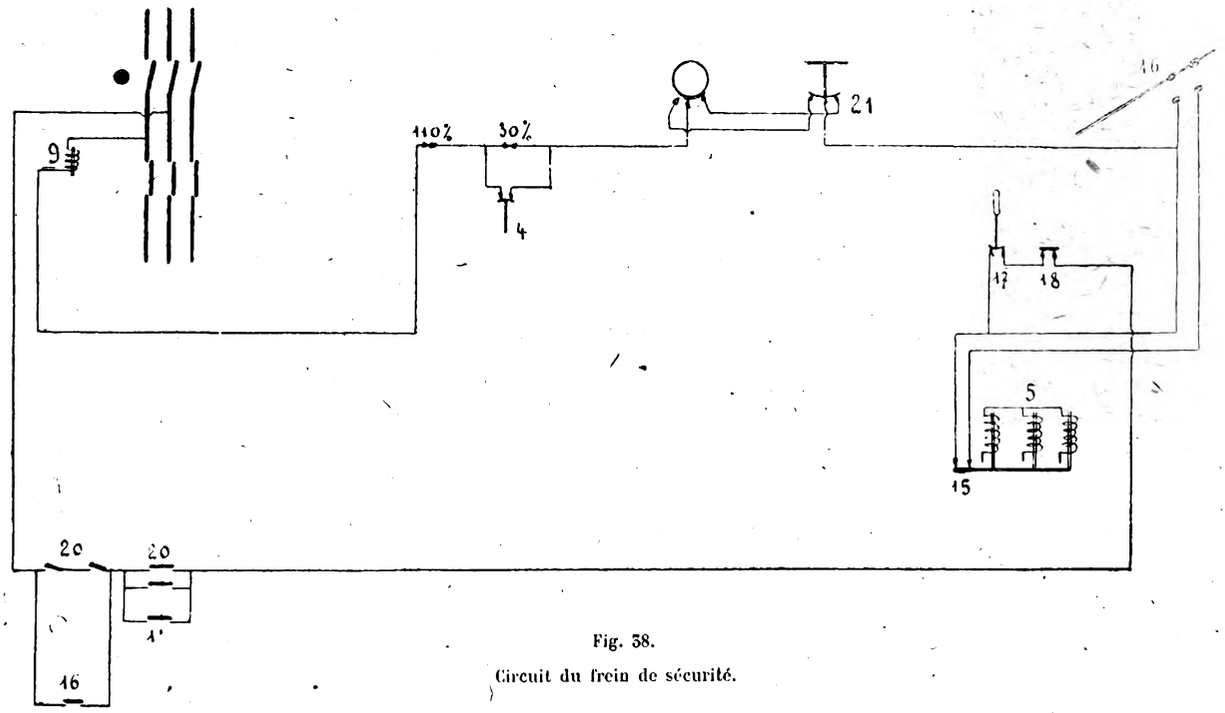


Fig. 38.

Circuit du frein de sécurité.

Appareil d'enroulement à bobines :

Diamètre minimum d'enroulement. . .	En mètres	4
Diamètre maximum d'enroulement . .	—	5,600
Poids du câble au mètre.	Kg	7,3
Poids d'une cage vide.	—	2500
Poids des chariots par cage	—	300×4
Profondeur du puits.	En mètres	550
Rendement du puits	—	0,85

Pour ce diagramme on voit que l'avantage pour le Léonard est faible; si la profondeur du puits était plus grande il n'y aurait aucun doute que le triphasé aurait une meilleure consommation. Cependant, pour l'exemple choisi, si l'on fait entrer en ligne de compte l'intérêt de l'argent dépensé ainsi que l'amortissement du matériel, on arriverait à la fin de l'année à un chiffre moindre pour le triphasé que pour le Léonard.

A-coups sur la station centrale. — Avec la commande par moteur à courant continu nous avons vu que la puissance absorbée au réseau suivait sensiblement celle nécessaire sur l'arbre de l'appareil d'enroulement; la pointe n'est donc pas instantanée. Avec la commande par moteur triphasé la pointe de puissance est maximum dès que le levier de manœuvre a été déplacé de la quantité nécessaire pour obtenir le couple de démarrage, c'est-à-dire presque instantanément; ce système ne peut donc convenir si la machine est puissante et si la centrale ne peut supporter ses à-coups; il est à noter cependant qu'actuellement la plupart des centrales peuvent sans inconvénient supporter ces surcharges brusques.

Précision des manœuvres et sécurité de marche. — Pour la précision des manœuvres le continu a l'avantage; nous savons, en effet, que la vitesse de l'appareil d'enroulement est fonction uniquement de la position du levier de manœuvre.

Il faut reconnaître cependant que la conduite d'une machine avec commande par moteur triphasé est très facile quand les perfectionnements que nous avons décrits ont été adoptés.

Quant à la sécurité de marche, elle est aussi grande pour les deux systèmes.

Digitized by Google

1. Sectionneurs. — 2. Transformateur de tension. — 3. Transformateur d'intensité. — 4. Relai à maxima. — 5. Disjoncteur avec contacts pour lampes signaux, bobines de verrouillage et circuit de sécurité. — 6. Bobine à minima de tension. — 7. Bobine de verrouillage. — 8. Moteur asynchrone du groupe Léonard. — 9. Lampes signaux. — 10. Démarreur du moteur du groupe avec contacts de sécurité. — 11. Génératrice à courant continu. — 12. Excitatrice du groupe. — 13. Moteur d'extraction. — 14. Interrupteur à force centrifuge. — 15. Rhéostat inverseur d'excitation de la génératrice. — 16. Relai à max. d'intensité du circuit entre moteur et génératrice. — 17. Frein de sécurité. — 18. Résistance de réglage du champ du moteur d'extraction. — 19. Interrupteurs évite-molettes. — 20. Relai à minima d'intensité d'excitation du moteur d'extraction. — 21. Interrupteur coupant l'excitation de la génératrice en cas de fonctionnement du frein de sécurité. — 22. Relai actionnant le frein de sécurité en cas d'excès de vitesse du groupe. — 23. Interrupteur général avec circuit de décharge. — 24. Fusibles à cornes. — 25. Interrupteur diminuant l'excitation du moteur à l'arrêt. — 26. Interrupteur permettant de court-circuiter les interrupteurs évite-molettes.

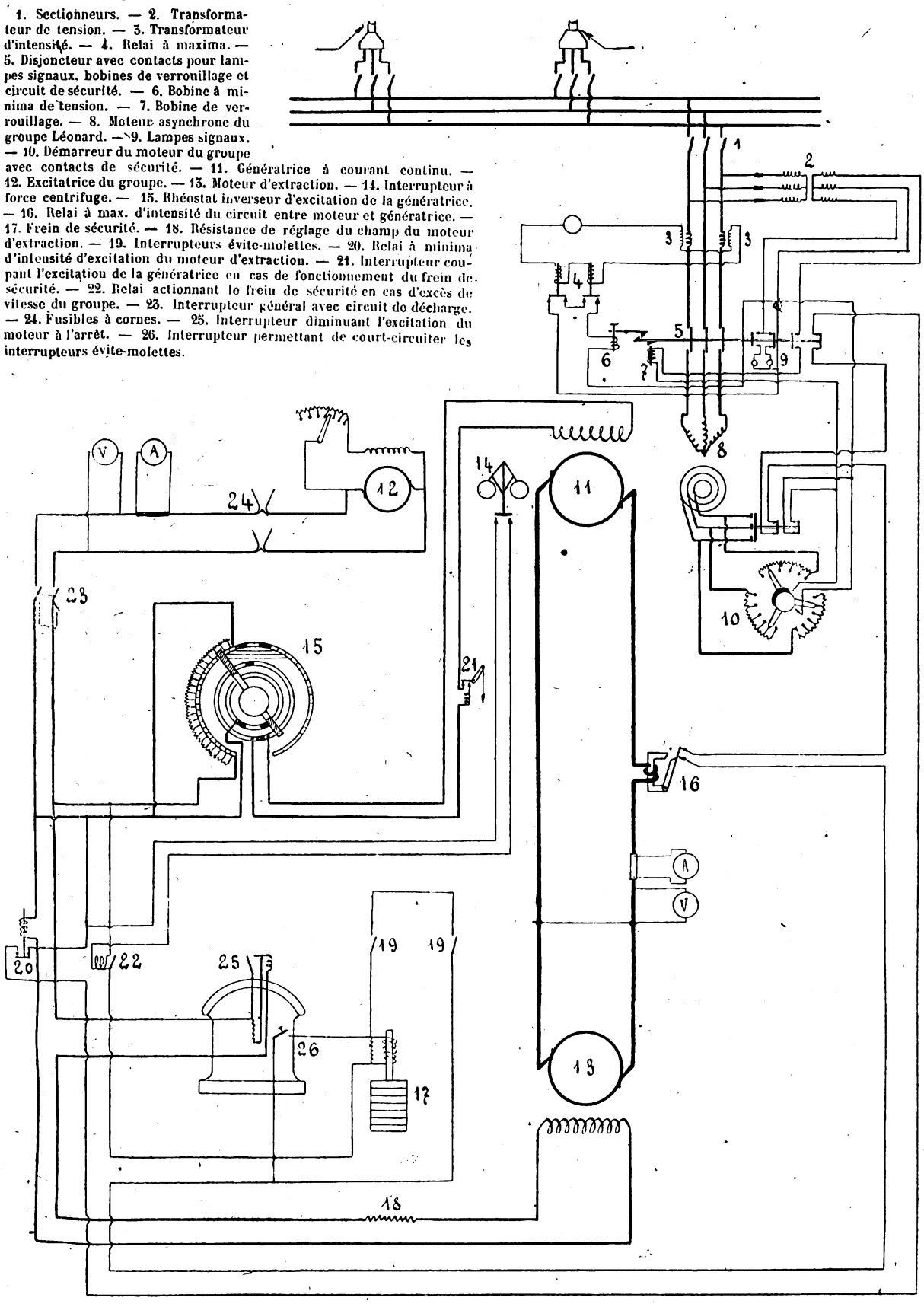


Fig. 39.

Schéma d'une machine d'extraction commandée par moteur à courant continu.

Digitized by Google

Entretien. — Une machine commandée par moteur triphasé demande moins d'entretien qu'avec moteur à courant continu à cause du plus petit nombre de machines installées; les collecteurs sont parfois la source d'ennuis pour les machines tournant à grande vitesse, car ils s'échauffent et se déforment; les particules charbonneuses s'introduisent entre les lames et provoquent des courts-circuits; l'huile de graissage détériore les micas. Les paliers des groupes convertisseurs doivent être visités et les entrefers des machines périodiquement vérifiés.

Le matériel de pièces de rechange sera aussi moins important avec l'emploi du triphasé direct.

Pour terminer la première partie de cet article, nous allons donner plusieurs schémas de machines d'extraction à commande électrique.

Le schéma (fig. 37) est celui d'une machine commandée par un moteur asynchrone triphasé. Comme particularités on peut signaler: l'emploi de contacteurs dans l'air, soufflés magnétiquement, pour obtenir le changement de marche du moteur d'extraction; un interrupteur à force centrifuge avec trois contacts dont l'un limite la vitesse à 30 pour 100 de celle de synchronisme lorsque la cage est à quelques mètres de la recette du jour, l'autre commande le dispositif de mise en court-circuit du rotor du moteur d'extraction quand la vitesse de synchronisme est atteinte; enfin le troisième actionne le frein de sécurité si la vitesse de synchronisme est dépassée de 10 pour 100. Le ralentissement de la machine est produit en freinant le moteur d'extraction par contre-courant; la manœuvre de la machine s'effectue en manœuvrant deux leviers dont l'un est le levier de manœuvre et l'autre non représenté sur le schéma est le levier de frein de manœuvre; ce dernier bloque la machine. Sur le schéma (fig. 7), les dispositifs de sécurité ont été représentés; en dehors de ceux que nous avons déjà signalés on peut encore remarquer celui qui empêche l'enclenchement de l'un des contacteurs si l'autre est resté enclenché et celui qui empêche le dispositif de mise en court-circuit du rotor du moteur d'extraction de fonctionner quand la vitesse de synchronisme est atteinte dans la marche à contre-courant.

Le schéma (fig. 38) représente le circuit du frein de sécurité que l'on pourra suivre plus aisément que sur la figure 37.

Le schéma (fig. 39) est celui d'une machine d'extraction commandée por un moteur à courant continu produit par un groupe Léonard. On remarquera que le tableau de la machine est prévu avec deux alimentations dont l'une normale et l'autre de secours; cette précaution est indispensable pour les machines importantes. Le groupe convertisseur comprend un moteur asynchrone triphasé à haute tension entraînant directement une génératrice et une excitatrice. Le disjoncteur du moteur du groupe est actionné par maximum d'intensité et minimum de tension; de plus une bobine de verrouillage empêche l'enclenchement du disjoncteur si les appareils de démarrage du moteur ne sont pas ramenés à la position de démarrage. L'excitatrice est à une tension constante; elle fournit le courant d'excitation constant du moteur d'extraction et le courant d'excitation variable de la génératrice en manœuvrant le rhéostat inverseur d'excitation. En suivant sur le schéma le circuit du frein de sécurité, on voit que ce dernier fonctionne :

1° Par minimum d'intensité d'extraction du moteur d'extraction;

2° Par déclenchement du disjoncteur du moteur du groupe convertisseur;

3° Si le rotor du moteur du groupe n'est pas court-circuité;

4° Par excès de courant sur les barres entre génératrice et moteur;

5° En cas d'excès de vitesse du groupe convertisseur.

La légende du schéma est suffisamment explicite pour comprendre le fonctionnement de tous les appareils.

P. Fournier.

L'AMÉLIORATION DU RENDEMENT DES DISTRIBUTIONS FONCTIONNANT A FAIBLE CHARGE

Introduction. — En France, avant la guerre, les Sociétés de distribution d'énergie électrique sollicitaient une clientèle qui se dérobait. Maintenant les rôles sont inversés : la clientèle implore les sociétés de distribution qui se dérobent.

C'est en ces termes, quelque peu pessimistes, qu'un spécialiste averti de l'électrification rurale, M. Allain-Launay, a dépeint la situation actuelle des distributions d'énergie électrique.

Effectivement, il y a là un état de choses qui ne laisse pas d'être fort grave; la plupart des secteurs fonctionnant à faible charge, notamment les secteurs ruraux, n'arrivent même pas à « faire leurs frais », et encore moins à rémunérer le capital engagé! Leur position financière désastreuse n'est pas faite pour susciter la bonne volonté de concessionnaires éventuels.

A un phénomène aussi général, il existe des causes profondes qu'il importe de dégager, dans l'intérêt même de l'avenir de l'électrification.

Il faut bien reconnaître que c'est la « faible charge » qui cause tous les malheurs. Et, tandis que le réseau travaille faiblement d'une manière utile, l'appareillage, établi pour une puissance de beaucoup supérieure, consomme en pure perte une quantité d'énergie proportionnelle à cette puissance maximum installée : il n'est pas rare que la perte soit, dans l'espace d'une année, supérieure à la quantité totale d'énergie vendue aux abonnés.

Obligés d'acheter ou de produire des quantités d'éner-

Digitized by Google

gie hors de proportion avec ce qu'ils vendent réellement, les secteurs se trouvent ainsi amenés à établir des prix très élevés.

Or le prix du courant doit être tel qu'il permette non seulement de couvrir les frais d'exploitation du réseau, mais aussi de rémunérer le capital engagé.

Par ailleurs, ce prix doit aussi être assez faible pour que l'extension de la consommation chez les abonnés ne soit pas compromise.

Certes, la plupart des secteurs reçoivent des subventions de l'État ou des communes, parfois même des deux : il n'en reste pas moins vrai que leurs affaires sont désastreuses. On ne redressera leur situation, qu'en augmentant leur utilisation. Mais, seul l'abaissement du prix de l'énergie permettra l'accroissement de la consommation.

C'est un cercle vicieux! Nous avons déjà vu que les pertes à vide des petites distributions étaient considérables. Ainsi, une centrale ayant une clientèle agricole, doit produire une quantité d'énergie au moins double de celle consommée utilement en basse tension. Par exemple le syndicat du pays de Gex indiquait que sur 200 000 kw-h, achetés à la centrale, 106 000 à peine étaient vendus à la clientèle, donc réellement utilisés.

De tels faits doublent le prix de la « matière première », en l'occurence le prix d'achat de l'énergie électrique. Il faut y ajouter encore tous les frais de l'exploitation, même si l'on considère que l'entreprise a été installée « à fonds perdus ».

A vrai dire, dans l'état actuel de l'électro-technique, de telles pertes ne devraient plus être admissibles.

Ces quelques lignes sont destinées à exposer le problème dans toute son ampleur et, pour faire œuvre constructive, à indiquer un remède au déplorable état de choses qui paralyse l'électrification.

La faible charge. Ses causes. — La faible charge d'un réseau est le fait de l'utilisation d'une minime partie de la puissance installée ou de l'énergie annuelle mise en jeu. Quelles en sont les causes?

Pour un secteur qui débute, ce peut être le nombre restreint des abonnés. L'électricité est, en effet, une chose nouvelle pour les habitants qui n'en connaissent que par ouï-dire les avantages et les commodités. Nombreux sont ceux qui attendent que le voisin en ait fait l'expérience, afin de pouvoir « chiffrer » ce que cela leur coûterait.

Comme, d'autre part, le secteur a été calculé « plus large » en vue d'une extension ultérieure de la consommation, il peut s'écouler une période assez longue avant que le coefficient d'utilisation du réseau atteigne une valeur suffisante.

C'est durant ce laps de temps que le secteur enregistre des pertes à vide considérables. Son intérêt est de les réduire au minimum.

On a évidemment, dans ce cas, de longues lignes produisant une chute de tension élevée. Par ailleurs, la division du réseau entraîne l'installation de nombreux postes de transformation de faible puissance, nécessaires pour alimenter les clients disséminés.

Or, chacun de ces transformateurs correspond à la puissance maximum dont chaque abonné « peut » avoir besoin dans le cours de l'année.

La puissance totale des transformateurs ainsi installés se trouve donc de beaucoup supérieure à la puissance installée de la centrale : les pertes à vide augmentent dans le même rapport, tandis que le coefficient d'utilisation s'abaisse.

Cas particulier des secteurs ruraux. — Les deux causes précédentes de la faible charge se trouvent réunies dans la plupart des secteurs ruraux et l'utilisation moyenne n'y dépasse guère 200 heures par an, si l'on fait exception du labourage électrique très peu répandu.

Mais, où la situation s'aggrave c'est lorsqu'un certain nombre d'abonnés pratiquent le battage électrique. Supposons, en effet, un village possédant 4 batteuses de 6 ch chacune, le cas n'est pas rare, comme les batteuses fonctionneront en même temps (les jours de mauvais temps, où le travail aux champs est impossible), il faudra un poste de transformation de 25 kv-a pour une utilisation de 100 heures à peine.

Le reste du temps, le poste ne fonctionnera pas, sauf le soir, en hiver, alors que 2 ou 3 kv-a seraient suffisants pour la lumière : autant dire que, hors la période de battage, le poste marche constamment à vide, puisque l'utilisation annuelle ne dépasse pas 110 à 120 heures.

Conséquences techniques de la faible charge. — La plus importante est le mauvais rendement du secteur, car cette marche à faible charge entraîne des pertes qu'il faut compenser par la production ou l'achat de quantités équivalentes d'énergie haute tension.

Ces pertes sont de plusieurs sortes :

1° Pertes à la centrale, les unes constantes, les autres variables avec la charge;

2° Pertes en lignes, proportionnelles à la charge;

3° Pertes dans les transformateurs : les unes croissant avec la charge (pertes dans le cuivre) variant de 0 à 5 pour 100 de l'énergie mise en jeu et sont négligeables en charge réduite.

Les autres (pertes dans le fer) sont constantes et généralement voisines de 2 pour 100 de la puissance installée. Mais entendons-nous bien :

2 pour 100 de la puissance installée

et non de 2 pour 100 de l'énergie consommée, car c'est là qu'intervient le coefficient d'utilisation du réseau. Si cette utilisation annuelle est de 150 heures, soit 2 pour 100 de l'énergie que produirait la centrale en fonctionnant toute l'année nuit et jour à pleine charge, pour chaque kw-h vendus aux abonnés, il se perdra un kw-h dans le fer des transformateurs : ces derniers consommeront donc en pure perte autant d'énergie que les abonnés.

Digitized by Google

C'est de beaucoup le facteur le plus important du prix élevé de l'énergie, puisqu'en moyenne l'ensemble des autres pertes (y compris celles relatives au facteur de puissance et à l'excitation des compteurs) est d'environ de 10 pour 100 du total de l'énergie.

Signalons également, comme autre conséquence de la faiblesse de la charge, les difficultés de réglage de la tension, dues aux différences de charge et aux fortes intensités du courant à vide du réseau.

Conséquences financières de la faible charge. — Les pertes considérables dont nous avons donné plus haut l'ordre de grandeur entraînant une augmentation importante de l'énergie à acheter ou à produire : on a vu des secteurs dans l'obligation d'acheter en haute tension jusqu'à trois fois plus d'énergie qu'ils n'en vendaient en basse tension.

D'autre part, les réseaux immobilisent en transformateurs un capital énorme, hors de proportion avec la quantité d'énergie vendue.

Les frais d'exploitation eux-mêmes viennent grever plus lourdement le prix de revient, donc le prix de vente de l'énergie, car la consommation se restreint et ces frais se répartissent sur une quantité moins grande d'énergie vendue.

Considérons le cas d'un secteur achetant son courant à une centrale. Il devra payer, suivant la formule binôme la plus généralement adoptée, une prime fixe de 150 fr par kw-A souscrit, plus 0,40 fr par kw-h consommé.

Il devra souscrire une puissance égale au total de la puissance installée des postes de transformation en service sur son réseau.

Si l'utilisation est de 200 heures seulement, il faudra acheter environ 575 kw-h par kv-A installé, en ne tenant compte que des pertes à vide des transformateurs. Ces 375 hw-h seront payés.

$$150 + (0{,}40 \times 575)$$

soit environ 300 fr, soit encore 1,50 par kw-h vendu.

Bien entendu, viennent s'ajouter 10 pour 100 de pertes diverses (soit 0,15 fr), les frais d'administration, de contrôle, d'entretien, d'amortissement, etc..., ainsi que la rémunération du personnel et du capital engagé.

Solutions possibles. — Voici posées les données du problème. Cherchons-en maintenant la solution.

On ne peut agir — du moins, immédiatement — sur l'utilisation : celle-ci ne croîtra en effet que lentement et seulement si le prix de l'énergie descend. Or il faut éviter de vendre l'énergie au-dessous de son prix de revient.

Nous avons vu d'autre part que les pertes dans l'ensemble du réseau, sauf les pertes dans le fer des transformateurs, croissent avec la charge du réseau et sont de l'ordre de 10 pour 100 de la quantité d'énergie vendue : on ne peut donc que se réjouir de les voir s'augmenter.

Restent les pertes à vide des transformateurs. Nous avons vu leur ordre de grandeur moyen : autant de kw-h perdus dans le fer que d'énergie vendue. Agissons donc sur les transformateurs de manière à réduire au minimum la proportion de ces pertes.

L'évolution des transformateurs. — La nécessité de diminuer les pertes à vide des transformateurs a été si bien comprise des constructeurs que l'on a bien introduit sur le marché des appareils dits « à pertes à vide réduites ».

C'est qu'autrefois les transformateurs avaient des pertes dans le fer de l'ordre de 2 à 3 pour 100 de leur puissance normale.

Les appareils « à pertes à vide réduites » ne perdent plus que 1,6 à 2,3 pour 100 de la puissance installée. Pour la moyenne des transformateurs, ce chiffre est de 2 pour 100 environ.

Ces résultats ont été obtenus en utilisant des tôles de meilleure qualité pour la construction des noyaux magnétiques et en modifiant de façon convenable le rapport du fer en cuivre contenus dans l'appareil.

Mais nous avons vu que le chiffre de 2 pour 100 de pertes à vide était encore trop élevé pour permettre un prix au revient suffisamment bas de l'énergie électrique.

L'avantage des transformateurs à pertes à vide minuscules comme on commence à en construire sur les appareils à pertes à vide réduites apparaît indubitablement.

Caractéristiques des transformateurs à pertes à vide minuscules. — Ces types de transformateurs dits « à pertes à vide minuscules », sont caractérisés par des pertes dans le fer variant, suivant la puissance de l'appareil, de 0,45 pour 100 à 0,90 pour 100. Elles sont, en moyenne, de 0,67 pour 100, soit pratiquement le tiers des pertes des appareils dits « à pertes réduites ».

Des études approfondies ont amené notamment les établissements Torche à de tels résultats en adoptant les perfectionnements suivants :

1° Emploi pour la carcasse de tôles en fer de qualité toute spéciale;

2° Modification, plus accentuée encore que pour les appareils à pertes réduites, du rapport fer-cuivre des métaux entrant dans la construction du transformateur;

3° Diminution de l'induction;

4° Diminution de la charge spécifique du cuivre;

5° Disposition judicieuse des enroulements.

Et si tous ces facteurs concourent au but visé, abaissement du pourcentage des pertes de l'appareil, nous allons voir que certains ont, par eux-mêmes, des conséquences fort intéressantes pour les secteurs susceptibles d'employer ces transformateurs.

Avantages techniques de ces transformateurs. — Le gros avantage est évidemment la réduction des pertes à vide, entraînant la diminution de la quantité d'énergie achetée pour 1 kw-h vendu.

Digitized by Google

Nous en reparlerons plus loin en examinant les conséquences financières.

Voyons l'influence de la diminution de l'induction : c'est évidemment un abaissement du courant à vide du réseau, donc une augmentation du facteur de puissance, ou mieux une diminution du courant réactif, réduisant d'autant la dépense totale d'énergie.

De ce fait, le réglage est facilité puisque les risques de surtension d'origine interne se trouvent amoindris. L'exploitation se fait ainsi dans des conditions de sécurité bien supérieure.

Par ailleurs, la diminution de la charge spécifique du cuivre permet d'imposer au transformateur des surcharges plus fortes et de plus longue durée. Cet avantage est énorme pour les réseaux qui, comme les secteurs ruraux, ont des périodes de grande consommation, ce que l'on pourrait appeler des « pointes annuelles » : il permet d'installer des appareils de puissance nominale assez inférieure à la puissance maximum demandée et ceci vient réduire encore les pertes à vide déjà « minuscules » du transformateur.

C'est qu'en effet, aux appareils poussés, à grande charge spécifique du cuivre, livrés actuellement par l'industrie, les ingénieurs des secteurs ont quelque scrupule à faire supporter des surcharges normales de l'ordre de 20 ou 25 pour 100 et même 100 pour 100 lors des pointes annuelles.

Car cette surcharge provoque l'échauffement du transformateur et n'est limitée que par la température-extrême autorisée pour l'huile. Mais, même si cette température n'atteint pas la limite autorisée, celle des enroulements risque d'arriver à un point supérieur à celui que peuvent supporter les isolants. Et si, d'aventure, le transformateur ne « grille » pas, il aura subi de profondes modifications dans sa structure interne et ne supportera pas une autre surcharge lors de la campagne suivante.

Au contraire, dans des appareils à pertes à vide minuscules, grâce à la diminution de la charge spécifique du cuivre, l'échauffement des enroulements lors de la surcharge sera bien moindre. Et même si l'huile atteint la température limite autorisée, les enroulements n'auront pas souffert et le transformateur sera aussi bon qu'avant la surcharge.

Avantages financiers des transformateurs à pertes à vide minuscules. — Pour permettre de « chiffrer » les avantages de ces appareils il a été établi des graphiques exposant simultanément les résultats obtenus d'une part avec des transformateurs à pertes à vide réduites, d'autre part avec nos transformateurs à pertes à vide minuscules.

Il est bien évident qu'avec ces derniers, le secteur paiera moins d'énergie en haute tension pour une même vente d'énergie en basse tension.

Il en paiera même d'autant moins qu'il pourra installer des transformateurs moins puissants, étant établi que l'on peut les surcharger sans risque, lors de la pointe annuelle. Dans de telles conditions, les pertes à vide diminueront de façon notable. Le prix de revient du kw-h vendu sera ainsi encore abaissé.

Par ailleurs, grâce à la diminution du courant à vide et à la meilleure utilisation du réseau, l'énergie réactive diminuera, le facteur de puissance (cos φ) s'améliorera et le courant réactif devenant beaucoup moindre, le secteur se trouvera dans de meilleures conditions pour acheter ou produire son courant haute tension.

Quand bien même l'on ne voudrait pas diminuer le prix de vente de l'énergie, de telles économies sont susceptibles de modifier de manière profonde la situation financière des secteurs et de faire d'une entreprise en déficit une société prospère, qui pourra ainsi donner une juste rémunération à ses actionnaires.

Mais si l'on en profite pour diminuer le prix de vente de l'énergie, quelles merveilleuses possibilités pour l'avenir de l'électrification?

Les conditions d'exploitation s'amélioreront, l'utilisation du réseau deviendra plus rationnelle.

Le prix de revient ou d'achat de l'énergie diminuera, ainsi que les droits fixes par kv-A installé.

On pourra alors se rapprocher des promesses souvent inconsidérées faites par des politiciens en mal de perfectionnement économique...

... Et les secteurs ruraux, tous les secteurs fonctionnant à faible charge, deviendront enfin rémunérateurs!

L'avenir de l'électrification en France. — On a souvent dit que le rural « doit » payer cher l'électricité.

Ceci est malheureusement exact, car les conditions d'exploitation des secteurs ruraux, du fait de l'étendue du réseau et de la dissémination des abonnés, ne seront jamais aussi favorables que celles des secteurs urbains.

D'autres ont ajouté que le paysan « pouvait » payer cher l'électricité. Que cela soit vrai ou non, il n'en reste pas moins vrai qu'il ne veut pas la payer n'importe quel prix et que si l'on « peut » la fournir à meilleur marché, on le « doit ».

C'est d'ailleurs l'intérêt des secteurs : le consommateur se rend vraiment compte des bienfaits de cette fée moderne qu'est l'électricité. Il ne demande qu'à l'utiliser, encore faut-il qu'elle ne soit pas ruineuse.

L'abaissement du prix du kilowatt-heure entraînera une augmentation considérable de la consommation par tête d'habitant et, chose plus importante, cette consommation deviendra plus régulière.

Notons en passant qu'il ne faut pas confondre l'emploi de transformateurs à pertes dans le fer très réduites comme l'ont fait les établissements Torche avec des transformateurs « minuscules », c'est-à-dire de puissance notoirement insuffisante qui brûleront à la première occasion.

P. Normier.

Digitized by Google

LA NATURE DE L'ARC ÉLECTRIQUE ET LES IDÉES MODERNES VISANT A L'EXPLIQUER

On commence à douter des considérations théoriques jusqu'ici employées pour expliquer la production de l'arc, et en particulier de la thèse qui en attribue l'amorçage à l'inductance du circuit. Si la tension n'est pas réduite au-dessous de 50 v par exemple, l'explication est encore vraisemblable, et il est aisé d'admettre que, une fois l'arc amorcé, la vaporisation du métal des électrodes suffit à maintenir la décharge.

Toutefois, l'explication paraît beaucoup moins admissible lorsque la tension est très faible et la décharge peu intense, comme par exemple il arrive dans le cas des piles sèches. On ne trouve alors dans le circuit, ainsi que l'observe l'*Electrical World* du 6 novembre, ni une inductance suffisante pour provoquer l'arc, ni ension suffisante pour le maintenir.

En cherchant une nouvelle explication du phénomène, M. J. Slepian a mis en lumière l'élévation de température qui peut, dans certains cas, l'expliquer. Un mémoire qu'il a présenté à l'*American Institute of Electrical Engineers* et qu'on trouve reproduit dans l'exemplaire d'octobre du journal de cette institution, expose l'étude qu'il a faite sur les températures développées, au contact de différents métaux, au moment où les densités de courant deviennent appréciables parce que la surface de contact a été réduite au minimum. Dans ce cas, les températures atteintes peuvent dépasser celles qui correspondent à l'émission thermo-ionique par les métaux chauffés, et l'ionisation qui en résulte pour le gaz avoisinant les électrodes complète l'explication du phénomène.

En définitive, l'auteur l'expliquerait par une évaporation dans un contact extrêmement réduit porté à très haute température.

Engagé de ce côté dans des recherches tout à fait personnelles, sur les arcs produits dans le vide (1), le professeur R. E. Sorenson a été conduit à des conclusions qui le mettent en désaccord avec les précédents expérimentateurs.

Les arcs étudiés par le professeur R. E. Sorenson étaient éteints par un vide très poussé, et, après des essais répétés, on pouvait constater qu'il n'y avait ni piqûre des contacts, ni volatilisation des surfaces extrêmes des électrodes.

De simples électrodes de cuivre ont parfaitement suffi à M. R. E. Sorenson pour éteindre un nombre considérable de fois des courants d'intensité très élevée.

Il résulte des essais, comme l'observe l'*Electrical World* du 6 novembre, qu'il est difficile de leur appliquer les théories de l'émission électronique et de l'ionisation gazeuse développées par M. J. Slepian dans le journal d'octobre de l'*A. I. E. E.*

Avec raison on en doit conclure qu'il y a lieu de ne pas accepter sans réserve les explications théoriques actuelles des phénomènes, et de ne retenir définitivement aucune des conceptions qui ont été proposées pour les expliquer.

Les recherches conseillées par l'*Electrical World* du 6 novembre sont d'autant plus intéressantes que le sujet est de la plus haute importance en vue des applications, toujours croissantes, d'appareils destinés à couper des intensités de courants toujours plus élevées. L. J.

(1) Ces recherches ont conduit l'auteur à établir un intéressant disjoncteur à vide que nous avons eu l'occasion de décrire. (Voir N° 831.)

LA PROTECTION DES GROSSES MACHINES ÉLECTRIQUES CONTRE L'INCENDIE

Pour résoudre les problèmes que soulève la protection contre la propagation du feu dans les grosses machines électriques la Siemens Ges. a fait appel à différentes solutions, qu'on trouve exposées par M. F. Liebscher dans le *Siemens Zeitschrift* de septembre, et d'après cette publication par l'*Electrical World*, du 6 novembre.

Presque toujours il est à craindre que les arcs amorcés par court-circuits déterminent un incendie, dont les effets sont beaucoup plus dangereux que ceux de l'arc lui-même.

On a suggéré différents moyens pour éteindre rapidement de tels incendies, soit par injection d'eau, soit par jet de vapeur, soit par intervention d'un gaz. Ces trois moyens peuvent être efficaces, mais l'auteur considère comme dangereux pour les enroulements l'emploi de la vapeur et de l'eau, qui sont susceptibles de les détériorer gravement.

Il a donc, et avec lui la Siemens Ges., donné la préférence à l'emploi du gaz, en veillant toutefois à ce que le gaz employé soit parfaitement inerte. Déjà les machines modernes sont pourvues d'un système de circulation d'air de refroidissement, dans lequel, le plus souvent, le même volume d'air répète toujours le même trajet : il paraît donc tout indiqué de faire appel à un gaz inerte remplaçant l'air, et c'est en s'inspirant de ce principe que l'auteur a expérimenté, avec des machines offrant des caractéristiques peu différentes de celles des machines à refroidissement par l'air.

Par des essais laborieux, il avait pris soin de déterminer l'effet exercé par une quantité d'oxygène plus ou moins dilué dans l'air de refroidissement parcourant la machine, ainsi que les effets du remplacement de ce fluide par une proportion correspondante d'acide carbonique.

Digitized by Google

Il trouva que, si la teneur en oxygène de l'air est réduite à 15 pour 100, la combustion ne peut plus se maintenir; par conséquent il n'est pas nécessaire d'éliminer totalement l'oxygène, dont la proportion normale dans l'air est de 21 pour 100, réductible à 15 pour 100 par simple substitution de l'acide carbonique à 1/3 du volume d'air employé.

Pour éviter les rentrées d'air et par conséquent d'oxygène, il est recommandable d'effectuer cette substitution en quelques secondes, et l'auteur y est parvenu en injectant l'acide carbonique à l'état liquide dans l'intérieur de la machine.

On aurait pu recourir aussi à de la neige d'acide carbonique à l'état solide, et il eût été facile de l'injecter de façon vive à l'intérieur des machines, mais le refroidissement brusque résultant de l'opération pouvait présenter des inconvénients, de sorte que l'auteur donne la préférence au système qui consiste à injecter l'acide carbonique à l'état liquide. En effectuant cette injection de façon rapide en cas de coup de feu, on a constaté que les machines ne subissaient aucune détérioration et que la propagation du feu devenait impossible. A. Z.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 10 janvier 1927.

Sur un pendule libre entretenu par un courant photo-électrique et sur son application au problème de l'heure, par MM. G. Ferrié et R. Jouaust.

Dans une Note antérieure (1), nous avons attiré l'attention sur les erreurs que peut provoquer la distribution, dans les divers locaux d'un observatoire, des indications d'une pendule au moyen des courants établis par la fermeture d'un contact chaque fois que le balancier passe dans le même sens par sa position d'équilibre. Les irrégularités inévitables des organes du mouvement d'horlogerie provoquant cette fermeture entraînent des inégalités des intervalles de temps séparant deux fermetures consécutives, qui peuvent atteindre et même dépasser le centième de seconde.

Nous avons essayé tout d'abord de remédier à cet inconvénient en remplaçant les courants électriques dus aux fermetures successives du contact, par les courants engendrés au moyen du dispositif suivant : un miroir porté par le balancier réfléchit un rayon lumineux sur une cellule photo-électrique chaque fois que le balancier passe par la verticale. Le courant ainsi engendré par la cellule est ensuite convenablement amplifié par des lampes à 3 ou 4 électrodes.

Une des pendules du Bureau International de l'Heure, placée dans les caves de l'Observatoire de Paris, a été munie d'un tel dispositif. Les courants photo-électriques amplifiés étant enregistrés sur un appareil à noir de fumée en même temps que les oscillations d'un diapason entretenu électriquement sans contact, nous avons mesuré, avec l'aide de M. Jules Baillaud, les intervalles de temps séparant les enregistrements consécutifs de ces courants. Les inégalités de ces intervalles ont été trouvées sensiblement moindres que dans le cas des courants produits par la fermetnre d'un contact électrique, mais elles atteignaient encore parfois 6 ou 7 millièmes de seconde, certaines d'entre elles ayant une périodicité de l'ordre de la minute.

Il nous a donc paru possible de conclure que la suppression complète des inégalités des durées des secondes données par une pendule comportant un mouvement d'horlogerie n'est pas pratiquement réalisable.

Nous avons ensuite repris l'étude du pendule libre entretenu par courant photo-électrique dont nous avons déjà indiqué le mode de fonctionnement dans la Note mentionnée plus haut. Un nouveau modèle de ce pendule a été construit par la Maison Brillié, dans lequel nous avons apporté un certain nombre d'améliorations. La principale est relative au procédé permettant de ne laisser agir le courant dans la bobine d'entretien qu'une fois sur deux. Au lieu de faire couper pendant une demi-période, par la pendule auxiliaire synchronisée, le courant plaque des lampes du dernier étage de l'amplificateur du courant photo-électrique, nous avons muni cette dernière pendule d'un contact électrique commandant un obturateur qui masque pendant une demi-période le rayon lumineux qui doit agir sur la cellule photo-électrique après réflexion sur le miroir du balancier du pendule libre.

Nous avons également disposé la partie optique de l'appareil de façon à rendre aussi rapide que possible l'établissement du courant photo-électrique. Celui-ci étant enregistré dans ces conditions sur un appareil à noir de fumée en même temps que les vibrations d'un diapason, et l'examen des bandes étant fait au moyen d'une machine à diviser, il est possible de déterminer à quelques dix-millièmes de seconde près l'instant où le courant prend naissance.

Le pendule libre a été mis en fonctionnement à plusieurs reprises pendant une durée de l'ordre d'une dizaine d'heures consécutives, et nous avons effectué des enregistrements à différents instants pendant cette durée. Il nous a été possible de vérifier ainsi la constance de l'intervalle de deux enregistrements consécutifs de courant, *à un millième de seconde près*, résultat que nos expériences précédentes nous avaient déjà laissé prévoir.

Le pendule libre, auto-entretenu par courant photo-électrique, constitue donc bien, comme nous l'avions annoncé, une sorte de diapason susceptible de battre avec une très grande régularité, pendant plusieurs heures tout au moins, une période voisine de la seconde, et capable de permettre d'effectuer, avec une précision non encore atteinte auparavant, la comparaison des diverses pendules d'un observatoire soit entre elles, soit à des émissions radiotélégraphiques horaires.

La commande directe des émissions radiotélégraphiques horaires a pu également être réalisée au moyen de ce pendule. Il nous a suffi pour cela d'intercaler dans le circuit d'entretien du pendule le relais qui commande, de l'Observatoire de Paris, le poste émetteur de la Tour Eiffel.

Les signaux radiotélégraphiques ainsi émis étaient enregistrés au Bureau International de l'Heure, en même temps que les courants photo-électriques amplifiés qui les provoquaient. La régularité de l'intervalle de ces signaux était moins bonne que celle des courants photo-électriques, les écarts de durée atteignant parfois 3 millièmes de seconde au lieu de 1 millième. Ce fait n'a rien de surprenant car 3 relais (2 Baudot et 1 Creed) doivent être successivement mis en jeu pour provoquer l'émission radiotélégraphique. Ces écarts sont d'ailleurs très inférieurs à ceux qui existent dans les émissions actuelles et qui atteignent souvent le centième de seconde.

Sur une image mécanique de l'hystérésis et sur l'inconstance de l'exposant de Steinmetz, par M. Paul-Gabriel Gravlt.

Les phénomènes d'hystérésis se manifestent par des effets rappelant ceux que l'on observe quand un frottement s'oppose

(1) G. Ferrié et R. Jouaust, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1145.

Digitized by Google

à l'action d'une force, le frottement étant *non visqueux*, car il est indépendant de la vitesse, et *réparti* en un grand nombre d'éléments infiniment petits, car l'effet suit la cause pour la plus petite valeur de celle-ci.

L'image la plus simple d'une fibre soumise à une force de traction variable et douée d'hystérésis consiste donc en une sorte de chapelet composé d'éléments égaux, infiniment petits, possédant à la fois élasticité et frottement ; l'une des extrémités du chapelet est fixée au fond d'un cylindre à l'intérieur duquel frottent ses grains ou sabots, reliés entre eux par des ressorts élémentaires. Le fond du cylindre L est fixe ; la force de traction F est exercée sur l'autre extrémité A du chapelet.

En faisant croître F progressivement, les grains partent successivement en allant de A vers L, les forces qui s'exercent de part et d'autre d'un élément dx différant de $+\varphi dx$ dans le sens du mouvement (φ est le frottement linéique).

On peut faire croître la force F de la valeur zéro jusqu'à une valeur positive (courbe vierge), puis décroître (courbe descendante), puis croître à nouveau (courbe remontante). Le première zone de la courbe vierge se termine lorsque tous les grains du chapelet sont strictement démarrés.

La courbe représentative des forces aux divers points de la longueur primitive est composée de droites ayant uniquement les coefficients angulaires $+\varphi$, 0 et $-\varphi$. L'allongement λ_{12} correspondant à l'une de ces droites pour laquelle les forces aux extrémités sont F_1 et F_2 est

$$\lambda_{12} = \frac{\alpha}{2\varphi}\left(F_1^2 - F_2^2\right), \tag{1}$$

α étant l'élasticité des ressorts du chapelet, et $F_1 > F_2$.

Cette formule permet de calculer l'allongement total λ pour une courbe quelconque des forces, et en particulier λ en fonction de F pour des cycles symétriques ou non.

Pour la courbe vierge :

$$\lambda = \frac{\alpha}{2\varphi} F^2. \tag{2}$$

La plus simple application de cette image au magnétisme consiste à imaginer une lamelle magnétique comprenant à l'état vierge une seule couche d'aimants élémentaires s'opposant deux à deux, cette lamelle étant placée dans un champ normal à son axe. Chaque aimant peut tourner à l'intérieur d'une cavité fixe à laquelle il est relié par des chapelets hystérétiques analogues à ceux qu'on a envisagés ci-dessus et qui l'attaquent tangentiellement. Sous l'influence du champ H, chaque aimant tourne d'un angle δ ; le couple, proportionnel à $H\cos\delta$ équilibre le couple du chapelet, proportionnel à $\delta^{\frac{1}{2}}$, d'après (1) ; ρ étant une constante, on a

$$\frac{H}{\rho} = \frac{\delta^{\frac{1}{2}}}{\cos\delta}; \tag{3}$$

si le ressort était sans frottement, on aurait

$$\frac{H}{\rho'} = \frac{\delta}{\cos\delta}, \tag{4}$$

d'autre part, l'*intensité d'aimantation* est

$$\mathfrak{I} = I\sin\delta, \tag{5}$$

I étant l'intensité à saturation.

Si l'on trace une courbe d'abscisses $\frac{\delta^{\frac{1}{2}}}{\cos\delta}$ et d'ordonnées $\sin\delta$, cette courbe a l'allure d'une courbe vierge d'aimantation (point d'inflexion et saturation), mais avec coefficient angulaire nul de la tangente à l'origine. (En prenant pour abscisse $\frac{\delta}{\cos\delta}$, le point d'inflexion disparaît.)

On trouve une perte par cycle proportionnelle à $(\delta_m)^{\frac{5}{2}}$, δ_m étant l'angle correspondant à l'intensité maximum $\mathfrak{I}_m = I\sin\delta_m$. La courbe

$$(\delta_m)^{\frac{5}{2}} = f(\sin\delta_m)$$

est une sorte de parabole à exposant $\left(n' = \frac{\frac{dv}{dx}}{\frac{y}{x}}\right)$ croissant à partir de $\frac{3}{2}$ ce qui est dans le sens de l'inconstance constatée de l'exposant n de Steinmetz, dans la formule

$$\omega = \eta B_m^n,$$

où ω est la perte par cycle d'*induction* maxima B_m, et η une constante.

Si l'on suppose un grand nombre de lamelles superposées, le champ sera $H + a\mathfrak{I}$, au lieu de H, et l'on peut effectuer tous calculs de cycles d'après cette extension, mais la relation entre les pertes et $\mathfrak{I}$ demeure la même, δ restant le même qu'auparavant pour un même $\mathfrak{I}$.

Pour tenir compte du coefficient angulaire fini de la tangente à l'origine, on ajoutera au chapelet hystérétique, du côté A, un ressort pur de tout frottement, d'allongement proportionnel à F.

On pourrait se proposer d'effectuer une évaluation statistique, en supposant les axes des aimants répartis également dans toutes les directions pour l'état vierge.

L'image rend compte des nombreux états *neutres* possibles et de l'opération à effectuer pour revenir à l'état *vierge*.

Sur la possibilité de mettre en accord la théorie électromagnétique avec la nouvelle mécanique ondulatoire (1), par M. Louis de Broglie.

La mécanique ondulatoire admet l'existence dans tous les phénomènes physiques d'une grandeur périodique obéissant à une équation de propagation qui, pour le cas simple d'un point matériel placé en dehors de tout champ, s'écrit

$$\Delta u - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{4\pi^2}{c^2} \nu_0^2 u. \tag{1}$$

Dans une Note récente (2), M. Bateman a montré que les fonctions génératrices du champ électromagnétique permettant de définir les potentiels par les relations

$$a_x = \frac{1}{2}\left[\theta_1\frac{\partial\theta_2}{\partial x} - \theta_2\frac{\partial\theta_1}{\partial x}\right], \quad \ldots, \quad \psi = -\frac{1}{2c}\left[\theta_1\frac{\partial\theta_2}{\partial t} - \theta_2\frac{\partial\theta_1}{\partial t}\right] \tag{2}$$

doivent sans doute *toutes deux* être assimilées à la fonction u. Dans le cas simple où l'équation (1) est valable, la relation de Lorentz entre les potentiels se trouve alors vérifiée.

Si l'on relie comme d'habitude les champs aux potentiels, on a

$$h_x = -\frac{\partial\psi}{\partial x} - \frac{1}{c}\frac{\partial a_x}{\partial t} = \frac{1}{c}\frac{\partial(\theta_1,\theta_2)}{\partial(x,t)}, \quad \ldots, \quad H_x = \mathrm{rot}_x a = \frac{\partial(\theta_1,\theta_2)}{\partial(y,z)}. \tag{3}$$

De ces définitions découle le premier groupe des équations de Maxwell, c'est-à-dire celui qui donne la divergence de H et le rotationnel de h.

Envisageons une charge ponctuelle isolée à symétrie sphérique et choisissons un système de référence galiléen dont elle occupe l'origine.

Les fonctions θ solutions de (1) devront être de la forme $\left(\frac{A}{r} + B\right)\begin{matrix}\sin\\\cos\end{matrix} 2\pi\nu_0 t$. A titre d'exemple simple posons

(1) Séance du 4 janvier 1927.

(2) *Nature* (London), 118, 1926, p. 839.

Digitized by Google

$$(4)\qquad \theta_1 = \frac{A}{r}\cos 2\pi\nu_0 t, \qquad \theta_2 = B\sin 2\pi\nu_0 t.$$

Par (2) et (3) on obtient alors

$$(5)\quad \begin{cases} \vec{a} = -\dfrac{AB}{4}\operatorname{grad}\left(\dfrac{1}{r}\right)\sin 2\pi\nu_0 t, \quad \psi = -\dfrac{\pi\nu_0}{c}\dfrac{AB}{r} = \dfrac{K}{r}, \\ \vec{H} = 0, \quad \vec{h} = -K\operatorname{grad}\left(\dfrac{1}{r}\right)[1+\cos 4\pi\nu_0 t]. \end{cases}$$

Si le phénomène étudié évolue très peu pendant la durée de la période $\frac{1}{\nu_0}$, il suffit de prendre les valeurs moyennes et l'on retrouve alors les expressions classiques des potentiels et des champs autour d'une charge ponctuelle immobile.

Il se pourrait donc fort bien que les valeurs classiques des potentiels et des champs soient seulement les valeurs moyennes des grandeurs réelles. Le deuxième groupe des équations de Maxwell et la théorie de la distribution des énergies dans le champ qui en résulte ne seraient alors applicables qu'aux phénomènes macroscopiques évoluant assez lentement et seraient inexactes pour ceux dont la durée est de l'ordre de la période des fonctions génératrices. L'idée de Bateman pourrait donc conduire à expliquer à la fois les succès et les échecs de la théorie de Maxwell-Lorentz et permettre de la corriger en la mettant en accord avec la nouvelle mécanique.

Enfin signalons qu'il paraît possible de relier les idées précédentes à la théorie de l'Univers à cinq dimensions (Kaluza, Kramers, Klein) et de définir les quinze g_{ik} de cet Univers au moyen de la seule fonction θ_1 en considérant θ_2 comme la dérivée de θ_1 par rapport à la cinquième et nouvelle variable x^0.

En tout cas, la remarque de M. Bateman paraît susceptible de permettre la définition des grandeurs oscillantes introduites par la mécanique ondulatoire en fonction des grandeurs reliées à la théorie électromagnétique et par là, elle présente une grande importance pour le développement de la nouvelle mécanique.

•

Peut-on déceler directement le moment magnétique de l'électron? par Léon Brillouin.

Pour interpréter les spectres de multiplets et leurs effets Zeeman, on admet actuellement que les électrons tournent sur eux-mêmes; leur moment de quantité de mouvement serait $\frac{1}{2}\frac{h}{2\pi}$ $\left(\frac{1}{2}\text{ quantum}\right)$, mais leur moment magnétique vaudrait un magnéton de Bohr. Il serait très important de vérifier cette hypothèse par une expérience directe : dans tous les cas usuels, le rôle de ce moment magnétique sera tout à fait imperceptible; l'expérience suivante me paraît pourtant réalisable :

Je suppose un faisceau rectiligne d'électrons; ils ont été, par exemple, émis par un fil chaud, puis accélérés par une différence de potentiel V; leur vitesse v est donnée par

$$(1)\qquad \frac{1}{2}mv^2 = eV.$$

Un jeu d'écrans limite un faisceau étroit, qui pénètre dans une enceinte vide à potentiel constant; ces électrons rencontrent alors un champ magnétique H sous une incidence presque normale; soit θ l'angle de la trajectoire des électrons avec le champ H; la vitesse des électrons, suivant la tangente aux lignes de force, est $v_1 = v\cos\theta$; les électrons s'enrouleront autour de ces lignes de force, et les suivront avec une vitesse v_1 qui devrait rester constante si l'électron n'était pas magnétique. Tous ces électrons finiraient ainsi par arriver jusqu'à un des pôles de l'électro-aimant produisant le champ. Je suppose que ce pôle est isolé électriquement, et maintenu au même potentiel que toute l'enceinte, dans laquelle il pénètre; dès qu'on établirait un champ magnétique suffisant, on recueillerait sur ce pôle tout le faisceau d'électrons.

Admettons maintenant que l'électron ait un moment magnétique μ; le champ magnétique n'étant pas uniforme, l'électron subira une force $\pm\mu\frac{\partial H}{\partial s}$ en appelant s une longueur comptée suivant la ligne de force.

On sait que le moment magnétique ne peut prendre que deux orientations, dans le sens du champ ou en sens inverse; c'est là l'origine du double signe devant μ. Les deux orientations sont également probables, *a priori*, ainsi que l'ont vérifié Stern et Gerlach sur les atomes d'argent; nous avons donc

$$(2)\qquad \pm\mu\frac{\partial H}{\partial s} = m\frac{dv_1}{dt} = m\frac{dv_1}{ds}\frac{ds}{dt} = mv_1\frac{dv_1}{dt}.$$

Intégrons, en affectant de l'indice 0, les valeurs au point où l'électron entre dans le champ; l'indice 1 correspondra à l'extrémité de leur course, près du pôle de l'électro-aimant

$$(3)\quad \pm\mu(H_1 - H_0) = \frac{1}{2}m(v_{1t}^2 - v_{0t}^2) = \frac{1}{2}m(v_{1t}^2 - v^2\cos^2\theta).$$

Je suppose alors que le champ soit créé par un pôle d'électro-aimant effilé, de sorte que le champ H_1 auprès du pôle soit très fort, mais que ce champ diminue très vite lorsqu'on s'éloigne du pôle en suivant une ligne de force, pour arriver à un champ H_0 très faible. Pour un champ H_1 assez puissant je pourrai arriver à arrêter la moitié des électrons (ceux dont le moment magnétique est orienté en sens inverse de $\frac{\partial\theta}{\partial s}$); ces électrons seront repoussés et repartiront suivant la ligne de force, jusqu'à l'autre pôle de l'électro-aimant.

Posons donc v_{1t} nul et nous avons la relation

$$(4)\qquad H_1 - H_0 = \frac{1}{2}\frac{mv^2}{\mu}\cos^2\theta = \frac{e}{\mu}V\cos^2\theta,$$

le rapport $\frac{e}{\mu}$ est égal au rapport de la charge électrique (9660) au magnéton de Bohr (5600) par molécule gramme, en unités C. G. S. électromagnétiques. Si les électrons ont été accélérés sous 1 volt (10^8 E. M. C. G. S.) et que l'angle θ soit tel que l'on ait $\cos\theta = 10^{-2}$, on constate qu'il faudra réaliser, le long d'une ligne de force magnétique, une variation de champ de 17 500 gauss environ.

Le pôle d'électro-aimant, isolé électriquement de l'enceinte à potentiel constant, sera maintenu à ce même potentiel, et l'on mesurera le courant reçu par ce pôle, pour diverses excitations de l'électro-aimant; pour une excitation croissante, le courant atteindra très vite une valeur constante, car tous les électrons s'enroulant autour des lignes de force finiront par arriver au pôle; mais lorsqu'on arrivera à une excitation assez forte pour que la condition (4) soit satisfaite, le courant devra tomber à la moitié de sa valeur.

Les conditions supposées sont évidemment difficiles à réaliser, mais ne semblent pas impossibles.

Séance du 17 janvier 1927.

Diamagnétisme des substances mésomorphes; orientation des corps smectiques par le champ magnétique [1], par M. G. Foëx.

M. Mauguin [2] a montré qu'un champ magnétique de quel-

[1] Séance du 4 janvier 1927.

[1] Séance du 20 décembre 1926.

[2] *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 1680.

Digitized by Google

ques milliers de gauss exerce une action directrice sur les molécules des substances *nématiques*, le paraazoxyanisol par exemple. Sous l'action du champ, dans toute l'étendue de la préparation, l'axe optique devient parallèle aux lignes de force.

J'ai pu, avec L. Royer (1), mettre en évidence l'orientation d'ensemble des molécules sous l'action du champ par un procédé tout différent qui ne fait pas appel aux propriétés optiques. Dans la phase isotrophe ($t > 135°$ pour le paraazoxyanisol) le coefficient d'aimantation χ_{is} est indépendant de la température. Dans la phase nématique orientée par le champ ($116° < t < 135°$) la valeur absolue du coefficient d'aimantation χ_{or}, notablement plus petit que dans la phase isotrope, diminue avec la température.

Le rapport $S = \frac{\chi_{is} - \chi_{or}}{\chi_{is}}$, qui augmente avec l'orientation des molécules et peut servir à la caractériser, croît quand la température baisse; sa plus grande valeur observable correspond à la température où se solidifie la phase nématique surfondue. Pour le paraazoxyanisol, nous avons trouvé comme valeur limite de S à 97°, $S = 18{,}5$ pour 100 environ. L'anisaldazine nous a donné des résultats analogues; pour le paraazoxyanisolphénétol la valeur limite paraît voisine de 25 pour 100, mais nous avons trop peu de substance pour faire des mesures précises.

La diminution du diamagnétisme qui se produit lorsque la substance passe de l'état isotrope à l'état nématique orienté s'explique en admettant que dans le premier de ces états les orbites électroniques responsables du diamagnétisme sont réparties au hasard tandis que dans le second elles sont en majorité dans des plans parallèles au champ. Une orbite dont le plan est parallèle au champ fournit en effet un rapport moindre au diamagnétisme qu'une orbite dont le plan lui est perpendiculaire (2).

Corps smectiques. — On n'avait jusqu'ici trouvé aucune action d'orientation du champ magnétique sur ces substances. J'ai étudié le paraazoxybenzoate d'éthyle dans des champs compris entre 6500 et 12 600 gauss en utilisant le diamagnétisme comme critérium de l'orientation.

Si l'on ne prend aucune précaution, l'orientation par le champ ne se produit généralement pas; les actions de surface l'emportent. La phase smectique possède un coefficient d'aimantation différent de celui de la phase isotrope, souvent un peu plus grand (2 à 3 pour 100) et variable d'une expérience à l'autre. Cette différence de valeur est attribuable à une orientation partielle des molécules dans la phase smectique sous l'influence des actions superficielles (3).

Mais si l'on fait refroidir la substance dans le champ, *de manière que le champ agisse au cours du passage de la phase isotrope à la phase smectique* l'orientation se produit se traduisant, comme pour les corps nématiques, par une diminution importante du coefficient d'aimantation. Les valeurs limites observées pour le rapport δ ont été :

H. gauss.	6500	10 500	12 600
δ pour 400.	11,5	15,5	17,5

Ces nombres montrent que l'orientation devient de plus en plus complète à mesure que le champ augmente et qu'elle paraît encore assez loin de la saturation dans un champ de 12 600 gauss. Le coefficient d'aimantation de la phase smectique varie peu avec la température, sa valeur absolue varie dans le même sens qu'elle.

On sait que chez les corps *nématiques* (1) la courbe de variation du diamagnétisme ne présente pas de discontinuité au passage de l'état orienté à l'état isotrope : elle rappelle les courbes de variation de l'aimantation avec la température lors de la perte du ferromagnétisme. L'azoxybenzoate d'éthyle se comporte de façon différente : le passage de l'état smectique à l'état isotrope est marqué chez lui par une discontinuité du diamagnétisme; le coefficient d'aimantation passe en effet, à température sensiblement constante (122°), de la valeur $-0{,}473.10^{-6}$ à la valeur $-0{,}548.10^{-6}$ (phase isotrope). Par l'existence de cette discontinuité les substances smectiques se rapprochent de l'état cristallin plus que les substances nématiques, ce qui vient à l'appui de la classification de ces substances établie par M. G. Friedel (2).

Un enregistreur de la fréquence des atmosphériques; son utilisation en météorologie, par MM. R. Bureau, A. Viaut et A. Gret.

La fréquence des parasites atmosphériques dont l'intensité dépasse un niveau déterminé est un des éléments qui caractérisent le mieux ces phénomènes. Nous avons réalisé un appareil enregistreur qui trace une courbe dont l'ordonnée est proportionnelle à cette fréquence. Le principe de l'enregistreur est le suivant : un appareil radiotélégraphique récepteur suivi d'un relais capte les parasites atmosphériques. Le tout est réglé pour que le relais fonctionne à chaque parasite reçu et envoie alors un courant dans l'électro-aimant d'un anémocinémographe Richard, L'anémocinémographe Richard trace une courbe dont l'ordonnée est proportionnelle à la fréquence des contacts électriques ainsi provoqués. Cet appareil est normalement utilisé pour l'enregistrement de la vitesse du vent. Mais en fait c'est un enregistreur de fréquence. Il convient donc parfaitement au but que nous nous étions proposé (3).

Les enregistrements analysés ci-après ont été assurés sur des longueurs d'onde variant entre 900 m et 1700 m. L'appareil récepteur était un superhétérodyne assez sensible pour obéir même à des atmosphériques assez faibles pour ne pas gêner la lecture télégraphique de postes peu puissants.

Cet apppreil nous a permis de rassembler un grand nombre de courbes depuis le mois d'août jusqu'au mois de décembre 1926, correspondant aux situations les plus diverses au point de vue des parasites atmosphériques comme à celui des phénomènes météorologiques. L'examen de ces courbes fournit des renseignements très précis sur les variations du phénomène. C'est surtout leur analyse détaillée, conduite parallèlement avec celle des diagrammes et des phénomènes météorologiques, qui s'est révélée très fructueuse.

Elle montre une relation des plus étroites entre le passage des discontinuités météorologiques et l'évolution des parasites atmosphériques. Nous n'avons trouvé aucun cas, pas plus dans les mois d'été que dans ceux d'automne, où cette dernière ne soit en liaison étroite, *à chaque instant*, avec des phénomènes météorologiques survenant *au même moment* au poste de réception. Nous n'avons pu déceler le moindre décalage entre

(1) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1912.

(2) Si l'action du champ sur ces grosses molécules se traduisait par une précession de Larmor, ce qui est peu vraisemblable, la théorie de Langevin leur serait applicable et la contribution au diamagnétisme serait deux fois plus faible pour l'orbite parallèle que pour la même orbite perpendiculaire au champ. La valeur limite du rapport S serait alors 25 pour 100 si toutes les orbites contribuant effectivement au diamagnétisme pouvaient se placer dans des plans parallèles à une même droite, comme les anneaux d'une chaîne tendue. En l'absence de la précession de Larmor la variation de S pourrait être encore plus grande.

(3) La subtsance est contenue dans un récipient cylindrique dont l'axe est perpendiculaire au champ.

(1) Foex et L. Royer, *loc. cit.*

(2) *Ann. de Phys.*, 9e série, 18, 1922, p. 273.

(3) Le premier appareil enregistreur de ce genre, dû à la collaboration de MM. Mesny et Bureau, avait été essayé à Meudon en 1925. Il avait été signalé dans le rapport du secrétaire général du Comité français de radiotélégraphie scientifique le 10 novembre 1925.

Digitized by Google

les variations de la fréquence des atmosphériques et le passage des discontinuités qui les provoquent.

Dans la journée du 8 août 1926 par exemple, on assista à Paris au passage successif de plusieurs fronts froids secondaires assez affaiblis. Les derniers mêmes ne se révélèrent plus que sur les enregistreurs, le ciel ayant pris l'aspect d'intervalle (Cu simplex) après un aspect de traîne (Cu compositus-ondées), dans la matinée. Le passage de chacun des fronts froids secondaires fut indiqué franchement par une recrudescence de la courbe de fréquence des atmosphériques au moment même des crochets de grain. Entre deux de ces passages de grains on observa du Mont-Valérien des éclairs avec tonnerre au Sud-Ouest : à ce moment la courbe de fréquence des atmosphériques était à son minimum et ne marqua pas de recrudescence.

Cet exemple n'est nullement un cas isolé. Cette étroite parenté des atmosphériques et des discontinuités s'observe sur les 960 heures d'enregistrement que nous avons déjà soumises à l'examen.

Deux conclusions peuvent être tirées de cette parenté :

1° Un très grand nombre de parasites atmosphériques a sa source dans les propriétés physiques de l'air *immédiatement* voisin du poste T. S. F. récepteur;

2° L'enregistrement de la fréquence des atmosphériques est un des moyens d'analyse les plus puissants de la structure détaillée des discontinuités météorologiques et en particulier des discontinuités de fonds froids principaux et secondaires.

Sur un phénomène sonore perçu pendant une aurore polaire très intense, par M. Hans Jelstrup.

Dans la nuit du 15 octobre dernier, pendant que j'exécutais des observations astronomiques et radiotélégraphiques pour l'Opération internationale des Longitudes (octobre-novembre 1926), avec la collaboration de M. G. Gelstrup, j'ai pu observer quelques phénomènes singuliers accompagnant une splendide aurore polaire.

La station d'observation était située sur une colline nommée Voxenaasen près d'Oslo (altitude 470 m environ).

Pendant une interruption des observations astronomiques à 19 h 15 m (temps civil de Greenwich), l'aurore paraissait atteindre son maximum d'intensité.

Jaune verdâtre, en éventail, l'aurore ondulait de haut en bas depuis le zénith et en même temps nous remarquâmes, mon assistant et moi, *un léger son sifflant extrêmement curieux avec une modulation distincte, qui semblait suivre exactement les vibrations de l'aurore.*

Nous entendîmes ce son, croissant et décroissant par instants, pendant les 10 minutes que nous avions à notre disposition avant la continuation des observations astronomiques.

De 20 h 1 m à 20 h 6 m (temps civil de Greenwich, nous enregistrâmes les signaux horaires de Bordeaux, et en même temps s'inscrivent des signaux parasites dus à l'aurore polaire.

Ces signaux parasites étaient d'une intensité variable et leur situation, dans le temps, était évidemment très bien déterminée, puisqu'ils étaient inscrits sur le même enregistrement que les signaux horaires.

La durée des signaux les plus intenses est donnée par le tableau suivant :

Numéros.	Heures (T. M. G.).	Durée.
1.	20h.4m.28s,60	0s,08
2.	20m.4m.29s,49	0s,10
3.	20h.4m.39s,90	0s,25
4.	20h.4m.40s,39	0s,25

La composante verticale, correspondant à chacun de ces signaux parasites, était certainement supérieure à 100 microvolts : mètre.

Quand, après réception des signaux horaires, nous sortîmes de nouveau de l'Observatoire, le son curieux avait entièrement cessé et, plus tard dans la nuit quand l'aurore eut disparu, nous remarquâmes que les signaux parasites et perturbations de tous genres avaient aussi complètement cessé.

Il est à remarquer que, pendant l'existence de son occasionné par l'aurore polaire, le temps était absolument calme.

Notre antenne était constituée par cinq fils de 40 m chacun. Le récepteur radiotélégraphique était composé d'un résonateur à trois circuits, deux haute fréquence, un modulateur, une hétérodyne, quatre basse fréquence suivis d'un relais et d'un chronographe.

M. Carl Störmer a observé cette même aurore et ses pulsations et publiera l'étude qu'il en a faite.

Séance du 24 janvier 1927.

Trempératures de transformations magnétiques dans le système fer-sesquioxyde de fer (1), par MM. J. Huggett et G. Chaudron.

Le fer et son oxyde salin Fe^3O^4 ont des points de transformation magnétiques bien connus. Depuis les travaux récents sur les sesquioxydes (2) et le protoxyde (3), il nous a paru possible d'explorer dans son ensemble, au point de vue magnétique, le système fer-sesquioxyde de fer. C'est le résultat de cette étude que nous présentons.

Nos mélanges étaient obtenus par réduction du sesquioxyde de fer ; ce corps était précipité du nitrate pur par l'ammoniaque, lavé, puis calciné à l'air libre à 750° ; il était ensuite réduit par l'hydrogène électrolytique pur, rigoureusement sec, vers 500° et l'eau obtenue était pesée, ce qui permettait d'avoir la teneur en oxygène du mélange. Le produit, finement broyé, était introduit dans une petite ampoule en verre pyrex où l'on faisait le vide et qu'on scellait ensuite ; elle était alors portée à 650° pendant 30 heures, conditions que l'expérience nous a montrées suffisantes pour assurer l'homogénéisation du produit.

Pour les mesures, l'ampoule était placée dans la nacelle d'un magnétomètre enregistreur précédemment décrit (4). Le champ moyen dans l'entrefer de l'électro-aimant étant de 300 gauss et sa variation pour 1 cm, environ 1/10 de sa valeur, la déviation du spot sur la plaque photographique était d'environ 1 cm, 5 pour 1 gr de sesquioxyde de fer de susceptibilité 50×10^{-6}. Nous avons dû réduire cette sensibilité à partir des mélanges contenant de l'oxyde magnétique libre en employant seulement 0,1 gr de produit et un champ de 50 gauss.

Dans le système sesquioxyde de fer-oxyde magnétique, on observe de 1,5 pour 100 jusqu'à 9 pour 100 de réduction, deux points de transformation : l'un à 570° correspondant à Fe^3O^4 et l'autre à 650° qui est celui d'une solution solide saturée de Fe^3O^4 dans Fe^2O^3 ; ces transformations sont rigoureusement réversibles. (En calcinant à l'air libre du sesquioxyde de fer ; par exemple à 1100° pendant 6 heures, on observe un abaissement de son point de transformation d'environ 15°.)

Dans le système Fe^3O^4-FeO, nous avons le point de transformation à 570° dû à Fe^3O^4 et enfin deux courbes indiquant

---

(1) Séance du 8 novembre 1926.

(2) G. Chaudron et H. Forestier, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 765.

(3) G. Chaudron, *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 152.

(4) H. Forestier et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 777.

Digitized by Google

l'une la réaction de décomposition du protoxyde de fer et la seconde, la réaction inverse.

Dans le système Fe O-Fe, on observe le point de transformation du fer à 765°; les lignes pointillées mettent en évidence le commencement de la décomposition de Fe O, le point de transformation de $Fe^3 O^4$ dû à cette décomposition et enfin la recombinaison du fer et de l'oxyde magnétique.

REVUE DE LA PRESSE

QUESTIONS THÉORIQUES

Emission de radiations de courte longueur d'onde par les corps faiblement conducteurs. — En 1920, M. Reboul découvrit et étudia une propriété singulière présentée par une feuille de papier lorsqu'on établit entre deux de ses points une différence de potentiel de quelques centaines de volts.

Cette feuille devient, dans ces conditions, capable d'impressionner la couche sensible d'une plaque photographique placée à son contact ou à son voisinage immédiat.

L'étude systématique de l'effet conduisit aux conclusions suivantes :

1° Deux conditions sont nécessaires à sa production : le corps mis en expérience doit être conducteur, mais faiblement conducteur, de plus il doit être physiquement hétérogène ou présenter des discontinuités superficielles. Ainsi les isolants ou les métaux ne produisent aucun effet photographique; le papier glacé, assez homogène et faiblement conducteur, ne donne d'action que dans le voisinage des électrodes, mais si l'on y fait des incisions superficielles, qui créent des discontinuités, on constate que la plaque est impressionnée dans le voisinage des points où l'on a fait des incisions.

2° Diverses hypothèses par lesquelles on pourrait interpréter l'effet doivent être rejetées, telles les suivantes :

a. Le passage du courant, produisant une électrolyse de l'eau ou des sels contenus dans le papier, les gaz dégagés impressionneraient la couche sensible par simple contact. Cette explication exigerait, en effet, que le dégagement gazeux se fît dans la masse du papier et ne rendrait pas compte de l'influence des incisions superficielles; de plus l'action se produit à travers une lame mince de quartz ou de fluorine disposée de manière à supprimer tout contact des gaz avec la couche sensible.

b. Il se produirait des aigrettes qui impressionneraient la plaque sensible. Cette explication est à rejeter également, l'effet se manifestant pour des différences de potentiel de 200 v, très insuffisantes pour la production d'aigrettes. L'œil d'ailleurs n'aperçoit aucun phénomène lumineux, enfin, l'impression ne se produit pas à travers une lame de mica de 0,1 mm alors que des étincelles microscopiques donneraient une impression à travers cette lame.

L'impression de la plaque est due à des radiations beaucoup plus absorbables par l'air que ne le sont la lumière de l'étincelle ou de l'aigrette. Une couche d'air de 2 mm à la pression ordinaire suffit à empêcher l'impression de la plaque. De plus, le gaz environnant le corps faiblement conducteur que traverse un courant est ionisé, et si l'on fait des mesures on constate que l'aiguille de l'électromètre se déplace d'un mouvement continu, tandis que dans le cas d'aigrettes ou d'étincelles elle avance par saccades. Cette ionisation est confinée au voisinage immédiat de la surface du corps mis en expérience.

M. Reboul a expliqué ces faits en admettant que le courant provoque l'apparition de chutes de potentiel aux points où il y a discontinuité de résistance par suite, soit de la présence de rayures, soit de l'existence d'hétérogénéités. Ces chutes de potentiel seraient suffisantes pour produire des décharges disruptives dans le corps ou dans le milieu gazeux environnant. Les décharges ainsi produites seraient accompagnées de l'émission d'un rayonnement très absorbable qui, comme les radiations ultra-violettes et les rayons X, agirait sur la plaque photographique.

On peut se faire une idée de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde de ce rayonnement.

Soit V la chute de potentiel créée dans le conducteur où il y a une hétérogénéité ou une rayure superficielle, e la charge élémentaire de l'électron. Supposons que les décharges se produisent dans les couches d'air qui avoisinent le conducteur, et admettons que la formule de Planck soit applicable. En franchissant une chute de potentiel, les électrons acquièrent une certaine énergie dont la perte, par le choc sur l'un des bords de la coupure, sera accompagnée d'une émission de radiation de fréquence n.

$$Ve = hn \quad (h = C^{te} \text{ de Planck}).$$

L'impression photographique permet de compter approximativement le nombre de discontinuités et par là la valeur moyenne de V. Avec une tension d'un millier de volts appliquée à du papier à grosses fibres, on a trouvé V de l'ordre de 50 volts, d'où $\lambda = 240$ angströms environ.

Ce résultat a été confirmé ultérieurement, au moins quant à l'ordre de grandeur de λ.

Les expériences poursuivies en 1922 ont confirmé que le rayonnement considéré est au moins en partie de nature électromagnétique et non de nature seulement corpusculaire. Si on lui fait traverser l'espace compris entre deux toiles métalliques entre lesquelles on établit un champ électrostatique capable de s'opposer au passage des charges, quelle qu'en soit l'origine, on constate qu'au delà de la 2e grille le gaz est encore ionisé. Le rayonnement a donc traversé les deux grilles.

En des recherches récentes, M. E. Bodin (*Thèse*, Paris 1926) a complété nos connaissances sur ce curieux phénomène. Voici les principales de ses conclusions :

1° L'étude de la pénétration dans l'air des radiations émises par les corps mauvais conducteurs, de constitution hétérogène et plus spécialement au contact de ces corps et d'une électrode métallique montre que le faisceau est très complexe, le coefficient d'absorption variant de 5 à 15 unités, pour les mesures faites dans l'air à la pression ordinaire. Toutes choses égales d'ailleurs, la pénétration moyenne augmente avec le temps et aussi avec la tension appliquée.

2° Tandis que les cellules de papier tout d'abord utilisées supportent difficilement, sans se rompre, des tensions de quelques centaines de volts, on a pu étudier, sous des tensions très supérieures, des cellules à résistance constituées par des poudres agglomérées et obtenir des radiations plus pénétrantes. Aucune relation n'a pu être établie entre la constitution chimique des substances essayées et la propriété d'émettre le rayonnement. Les sulfates et quelques oxydes ont donné les meilleurs résultats. Il convient de mentionner le cas du carbonate de cuivre qui n'émet qu'au contact d'une électrode négative.

La pénétration moyenne du rayonnement pour ces cellules augmente encore avec le temps et avec la tension appliquée. Ce rayonnement est de même nature que celui des cellules de papier, et en possède tous les caractères.

3° L'émission est corrélative d'une diminution rapide, en fonction du temps, de l'intensité qui traverse les cellules et de la non-proportionnalité de l'intensité limite avec la tension appliquée.

4° L'étude de la distribution des potentiels montre que l'émission est toujours corrélative aussi d'une discontinuité

Digitized by Google

qui se produit au contact de la substance et de l'électrode métallique, ou tout au moins dans une couche de très faible épaisseur voisine de ce contact. Ces chutes augmentent avec le temps, d'abord assez rapidement, puis atteignent une valeur limite. Elles augmentent aussi avec le champ de courant.

5° Si l'on admet que ces chutes de potentiel aux électrodes jouent un rôle essentiel dans le mécanisme de l'émission, on peut coordonner l'ensemble des faits expérimentaux précédents.

a. Certains corps, comme le carbonate de cuivre et le chromate de mercure, le sulfate mercureux et le sulfate mercurique qui ne présentent la discontinuité de potentiel qu'au contact d'une seule électrode, émettent seulement au contact de cette électrode.

b. Les variations de l'intensité qui traverse les cellules s'expliquent immédiatement par la diminution progressive du champ qui provoque le déplacement des charges.

c. Le rayonnement devient moins intense avec le temps; or, son intensité totale varie vraisemblablement dans le même sens que l'intensité du courant qui diminue comme on vient de le dire.

d. Le rayonnement devient plus pénétrant avec le temps; or, avec le temps, augmentent les chutes de potentiel au contact qui déterminent la projection des charges.

e. Il devient plus pénétrant quand on augmente le champ de courant, or, les discontinuités sont elles-mêmes augmentées.

f. Le rayonnement est complexe, il doit comprendre, en effet, des radiations dont la plus courte longueur d'onde correspond au potentiel maximum de projection des électrons et des radiations de longueur d'onde plus grande, formant un véritable spectre : ces radiations inégalement absorbables peuvent être filtrées et on en peut isoler les plus pénétrantes.

g. L'étude du rayonnement filtré par des pellicules très minces de celluloïd met en évidence l'existence, en faible proportion dans le spectre, de radiations beaucoup plus pénétrantes que ne l'indique la valeur du coefficient moyen d'absorption. La mesure du coefficient propre à ces radiations permet de leur assigner une longueur d'onde de l'ordre de 50 U.A. à laquelle correspond un potentiel de projection de l'ordre de grandeur des discontinuités que l'on a constatées directement.

Le mécanisme de l'émission par les cellules de résistance n'est donc pas différent de celui des rayons de Rœntgen.

A. B.

Les rayons δ de collision. — L'ionisation que déterminent les rayons α en traversant la matière est en partie indirecte : les ions ne sont pas tous produits sur le passage de la particule α elle-même, mais aussi par l'intermédiaire de rayons corpusculaires plus ou moins pénétrants, qui prennent naissance le long de sa trajectoire. On a souvent donné le nom de « rayons δ » à ces rayons secondaires, en général peu pénétrants; cette dénomination semblerait impliquer une nature profondément différente de celle des rayons α, β, γ, tandis qu'en réalité ce sont de véritables rayons β, des électrons animés de vitesses plus ou moins grande dont l'origine seule, d'ailleurs variable suivant les cas, les distingue des rayons cathodiques ou des rayons β des corps radioactifs.

Une première espèce de rayons δ est produite lors de l'impact des particules α sur les métaux; on peut, d'après l'étude qu'en a faite Kapitza, les attribuer à une sorte d'effet thermionique local.

M. P. Auger (*Thèse*, Paris 1926) a étudié une seconde espèce de rayons prenant naissance le long du parcours des particules α dans les gaz; ces rayons ont été signalés par Bumstead étudiant les trajectoires des rayons α du polonium dans l'hydrogène. C. T. R. Wilson les a obtenus dans l'air et a donné l'ordre de grandeur de leur vitesse. Le présent travail permet de les attribuer aux effets mécaniques des particules α, chassant des électrons des molécules du gaz qu'elles traversent, d'où le nom proposé de rayons β de choc ou de collision.

M. Auger a observé et photographié les trajectoires α à l'aide d'une méthode utilisant la condensation qu'ils provoquent dans la vapeur d'eau.

Comme source, on prend un fil d'argent portant à son extrémité un dépôt très actif de polonium; les petites dimensions et la puissance de cette source ont permis l'emploi de diaphragmes, limitant à une direction bien définie les rayons utiles. On peut ainsi arriver à n'avoir sur chaque cliché qu'une seule trajectoire, malheureusement très souvent croisée par des rayons aberrants, provenant d'atomes de polonium projetés par la source sur diverses parties de l'appareil.

M. Auger a également pris comme source de particules α, le thorium X extrait d'un kilogramme de vieux thorium, il a activé avec ce produit une électrode sphérique d'argent. La faiblesse du dépôt ainsi réalisé interdit l'emploi de diaphragmes; cependant, un certain nombre de rayons α provenant du thorium C' ont pu être obtenus avec la netteté nécessaire.

Les rayons corpusculaires se manifestent par de courtes trajectoires adjacentes à celle du rayon α, dirigées vers l'avant, c'est-à-dire faisant avec la direction de propagation de ce rayon des angles inférieurs à 90°. Leur longueur maxima atteint 1 mm dans le cas du polonium et 2,9 mm pour le thorium C'.

M. Auger donne de l'origine des rayons l'explication suivante qui s'accorde bien avec les faits.

Il admet que le rayonnement α, passant au voisinage des électrons contenus dans les molécules du gaz, leur communique des mouvements hyperboliques, qui ont pour effet de les projeter de côté et en avant. Le calcul des vitesses que prennent ces électrons et des angles sous lesquels ils sont chassés est immédiat, si l'on tient compte de la grande masse relative des particules α.

L'application des principes de la mécanique, simplifiée par le fait que la masse de l'électron est très petite par rapport à celle de la particule α, donne une relation entre la vitesse du rayon β produit et sa direction, ainsi que la valeur absolue de cette vitesse en fonction de celle de la particule productrice. Les formules obtenues sont très bien vérifiées par les résultats des mesures, qui ont porté sur les rayons du polonium et du Thorium C'.

On peut enfin prévoir théoriquement combien une particule α produira, sur 1 cm de son parcours, de rayons β possédant les différentes vitesses possibles (depuis 0 jusqu'au double de celle de la particule). Ce calcul conduit à une formule contenant N, nombre d'Avogadro, et qui est bien d'accord avec l'expérience. On pourrait inversement fonder sur les mesures faites une évaluation nouvelle de N, en admettant la validité des hypothèses énoncées.

TRACTION ÉLECTRIQUE

Extension des chemins de fer électriques en Angleterre. (*The Electrical Review*, 31 décembre 1926.) — La Metropolitan-Vickers Electrical Co Ltd. vient de recevoir une des plus importantes commandes de ce genre qui ait été passée en Angleterre pour la fourniture de matériel de chemins de fer électriques; cet ordre se rapporte à l'extension suburbaine du Southern Railway.

Il comporte : la fourniture de moteurs, combinateurs, appareils d'éclairage, de chauffage, de freinage, pour l'équipement de 116 convois de 3 voitures, et 47 convois de 2 voitures, tous pour trafic de voyageurs. L'importance de la commande est évaluée 600000 livres; elle est du même ordre que celle reçue par la même compagnie pour la fourniture aux Great Indian Peninsule Railway, de 41 locomotives de chacune 2600 ch. La totalité de l'équipement électrique de ces 2 commandes sera fabriquée aux ateliers que possède la compagnie

Digitized by Google

à Trafford Park et à Sheffield. Les trains en service sur le réseau Southern sont à 3 voitures, dont les 2 extrêmes sont motrices. Cependant, pour certains besoins on associe 2 ou 3 de ces convois, ou encore, on assemble 8 voitures dont les 3 extrêmes de chaque côté du convoi sont sur le schéma de base, et les 2 du milieu, des wagons simples.

Cette compagnie a déjà fourni au même réseau de chemin de fer en 1914 : les moteurs et équipements de contrôle pour 84 convois de 3 voitures; en 1924 et 1925, les équipements de contrôle et appareillage auxiliaire pour 109 convois du même type et 59 convois à 2 voitures; en 1925, encore : l'équipement de 26 convois de 3 voitures et de 13 convois de 2 voitures, y compris les moteurs.

Le nouvel appareillage fourni sera semblable à celui des commandes précédentes. Chaque motrice comportera 2 moteurs de 275 ch, étanche. Ces moteurs sont disposés sur les bogies sous la cabine de conduite, aux 2 extrémités du convoi. Comme la plupart des machines de ce genre, ils sont tétrapolaires, avec 4 pôles de commutation et 2 flux de balais, du type série, et pour 600 v sous courant continu. Le contrôleur est électrique. Les contacteurs principaux sont commandés par relais excités par la ligne, et actionnés par le contrôleur principal de la cabine de conduite. Ce contrôleur possède un levier de commande manuelle qui coupe automatiquement l'alimentation générale en faisant fonctionner le frein d'urgence, dès qu'il est abandonné par le conducteur. L'entretien de tout le matériel déjà installé et dont une certaine partie a déjà 12 ans de service, a pu s'effectuer à des prix de revient très abordables. J. M.

MESURES ÉLECTRIQUES

L'essai magnétique des aciers. — A mesure que la main d'œuvre devient de plus en plus coûteuse et que les matières premières deviennent plus rares, on constate combien l'industriel a un intérêt plus grand à déceler aussitôt que possible, c'est-à-dire avant le stupide accident d'exploitation, les défauts que peuvent présenter les pièces de toute nature dont sont composés les équipements adoptés pour tous usages dans toutes les industries.

S'il s'agit d'essieux de tramways, par exemple, les ruptures ne sont pas seulement coûteuses en raison des perturbations qu'elles apportent à l'exploitation et des frais élevés de remplacement qu'elles imposent : elles constituent un danger pour la clientèle des réseaux, et les exploitants doivent considérer comme une obligation impérieuse d'adopter tout perfectionnement apporté à l'outillage et aux moyens de contrôle de la qualité des matières. C'est une obligation qui pèse lourdement aussi sur les constructeurs, car les responsabilités qu'ils encourent contribuent, avec les lourdes dépenses qu'entraîne pour eux la découverte tardive des défauts des machines, à rendre particulièrement désirable la détection rapide des défauts que peuvent présenter les matériaux de construction.

L'*Electrical Review* du 13 août, a, page 268, traité de certains aspects du problème, sous le titre « Flaws in Metal Surfaces » (pailles dans les surfaces métalliques).

Plus récemment, dans son numéro du 27 août 1926, l'*Electrical Review* revient sur cette question, et fournit, à l'appui des indications données au préalable, quelques vues photographiques et quelques renseignements sur un procédé qu'elle considère comme nouveau et qu'elle décrit comme efficacement démontré, il y a peu de temps, aux usines de Hackney de l'Equipment and Engineering C°.

Le principe utilisé consiste à aimanter fortement l'acier à étudier dans diverses directions, afin d'étudier la propagation des lignes de force et de constater comment l'influencent les fissures que peut présenter le métal.

Si la direction des fissures en question est oblique ou normale à la direction des lignes de force créées dans le métal, il en résulte la constitution de pôles magnétiques, de part et d'autre de chaque fissure, et le problème posé revient à la détection des lignes de force extérieures dont la présence peut révéler le défaut.

On immerge la pièce à essayer dans une encre ou une solution contenant du fer à l'état finement divisé, et, si les fissures viennent jusqu'à l'extérieur de la pièce, l'adhérence du fer au bord des fissures rend visible l'existence de celles-ci.

Le dispositif d'expérience utilisé par l'Equipment and Engineering C°, de Hackney, comportait un gros électro-aimant, sur lequel étaient raccordées des pièces polaires convenablement établies, offrant des extensions permettant d'amener le flux dans la masse métallique à étudier.

Dans le cas d'un essieu, les pièces polaires s'épanouissaient donc comme des pôles de machines, et offraient un logement cylindrique laissant un minime entrefer entre les pôles et la pièce cylindrique étudiée.

Pour permettre le déplacement facile de l'électro-aimant, on l'avait suspendu au crochet d'un pont roulant, l'excitation de l'électro-aimant se faisait au moyen d'une bobine qu'on avait jugé nécessaire de protéger contre les décharges destructives. En raison de sa forte induction, la protection résidait dans un mode spécial de sectionnement du bobinage. A l'interrupteur de commande étaient d'ailleurs reliés des circuits de décharge non inductifs, qui se fermaient aux bornes de la bobine lorsqu'on y devait couper le courant. La consommation de ce premier dispositif était de l'ordre de 150 w seulement.

Un dispositif analogue permettait de procéder de même à la recherche des fissures pouvant apparaître sur les arbres moteurs.

Un autre, de plus petites dimensions, servait aux essais des pignons d'engrenages

Il ne semble pas que l'emploi d'une encre comportant de minimes corpuscules de fer ait pu se faire immédiatement sans quelques difficultés. L'une d'elles paraît provenir de l'aimantation rémanente développée dans la poussière de fer, avec le résultat que, dans les essais ultérieurs, les particules en suspension dans l'encre tendent à adhérer à toutes pièces de métal magnétique qu'on leur présente.

Si on observe cette aimantation des poussières incorporées dans l'encre, il devient très difficile d'en effectuer la démagnétisation. Il est beaucoup meilleur d'exclure, de la composition des encres employées, toutes les poussières de fer pouvant donner lieu aux phénomènes de magnétisme rémanent.

C'est seulement en petite quantité, au laboratoire de l'Equipment and Engineering C° qu'on a pu produire des encres donnant entière satisfaction pour l'essai ci-dessus. Il ne semble pas que ces encres aient encore pu être livrées au commerce en quantité suffisante pour en permettre l'utilisation dans les usines ou ateliers. A. Z.

DIVERS

Générateurs électriques à refroidissement par hydrogène. (*The Electrical Review*, 10 décembre 1926.) — La General Electric Company vient de livrer à la Southern California Edison Company 2 gros générateurs électriques de chacun 90 000 kw et d'un facteur de puissance de 90 pour 100 présentant des particularités nouvelles. Les armatures sont d'une construction très lourde, étanche à l'air; en vue d'un refroidissement éventuel par hydrogène. Ces machines sont les premières à présenter une extrémité à double écoulement à basse pression et 4 condenseurs verticaux. J. M.

L'Editeur-Gérant : A. LAHURE

91 224. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris. — 1927

Digitized by Google

36e Année. — N° 833 10 Mars 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTEUR EN CHEF
ALFRED SOULIER
Le 2e vendredi de chaque mois de 15 h. à 16 h.

ABONNEMENTS
Paris et Départements : 30 francs par an.
Union postale : 40 francs par an.

ADMINISTRATION
9, rue de Fleurus, 9. — (Paris VIe)
TÉLÉPHONE
Ségur 04-23 et Ségur 04-44.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction au Rédacteur en Chef, 9, rue de Fleurus.

Pour toute demande de numéros de L'Industrie Électrique *on est prié de joindre, à la demande, le montant de l'envoi, en timbres-poste ou en mandat postal.*

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — La sécurité de fonctionnement des groupes générateurs. — Liaison téléphonique États-Unis-Mexique. — La liaison radio-télégraphique par ondes courtes dirigées Angleterre-Australie. — Radiotéléphonie transatlantique. — Télégraphie sous-marine. — Nouvelles Compagnies italiennes. — La situation industrielle en Autriche. — La production d'énergie électrique en Italie pendant l'année 1925. — Aménagements hydro-électriques en Norvège. — Distinctions honorifiques. 97

LES ACCIDENTS DE L'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE ET DOMESTIQUE. Dr **Zimmern**. 101

TECHNIQUE DES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES. **A. Hayet et Redon**. 105

LES MICANITES ET L'UTILITÉ POUR LEUR FABRICATION DANS LE GLYPTAL ET LES RÉSINES EN DÉRIVANT. **L. J.** 112

LA PROTECTION CONTRE L'INCENDIE DES GÉNÉRATEURS MUS PAR TURBINES HYDRAULIQUES. **A. Z.** 115

COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES. — Détermination du point isoélectrique de la laine et de la fibroïne de soie. Applications, par MM. **L. Meunier** et **G. Rey**. — Contribution à l'étude de la matière fulminante. Décomposition spontanée et sans bruit sensible de certains éclairs sphériques de grand diamètre, par **E. Mathias**. — Sur la synchronisation à distance des pendules de précision sans l'intermédiaire d'aucun contact, par M. **Lejay**. — Sur un procédé général de préparation des colloïdes métalliques, par M. **Eugène Fouard**. 115

REVUE DE LA PRESSE. — *Mesures et Essais :* La mesure des vitesses de rotation. — Un arc au mercure pour la polarimétrie. — *Divers :* Les courants gazeux dans les fours. 118

ERRATUM. 120

La reproduction des matières contenues dans* L'Industrie électrique *sans citation de ce journal est interdite.
Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus.

INFORMATIONS

La sécurité de fonctionnement des groupes générateurs. (*Bulletin n° 11 de l'Association suisse des électriciens.*) — M. Pupikoffer, ingénieur, commente, dans l'organe de l'Association suisse des électriciens, les résultats d'une enquête faite aux États-Unis sur la sécurité de fonctionnement des groupes générateurs comportant des moteurs hydrauliques, à basse et à haute chute, et des moteurs à vapeur.

Le rapport présenté par l'« hydraulic power commission » à l'Assemblée générale de mars dernier, à Atlantic City de la » National electric light association », a porté sur le fonctionnement, pendant l'année 1924, de 56 groupes générateurs hydrauliques (8 à jet libre et 48 à injection). Ces groupes avaient une puissance de 2500 ch ou plus, et les turbines hydrauliques fonctionnaient sous une chute de 50 pieds (15,7 m) ou plus, ou avaient un débit de plus de 500 pieds cubes (13,5 m³) à la seconde. Les résultats des observations sont réunis dans deux tableaux et donnés en pour cent, ce qui permet une comparaison facile; tout au plus pourrait-on reprocher à cette statistique de comprendre trop peu de turbines à libre jet (haute chute) par rapport au nombre de turbines à injection.

Le premier tableau est relatif au degré de sécurité des trois sortes de groupes générateurs. Il donne pour chacun de ceux-ci la moyenne des divers temps de fonctionnement ou de non-fonctionnement pendant l'année 1924, la durée de celle-ci étant prise égale à 100.

Le rapport distingue : 1° le temps réel de fonctionnement T_1; 2° le temps réel de non-fonctionnement T_2; 3° le temps pendant lequel le groupe était dans l'impossibilité de fonctionner (dérangements, etc...) T_3, comprenant le temps T_4 pendant lequel on avait besoin du groupe et le temps T_5 pendant lequel on n'en avait pas besoin ($T_3 = T_4 + T_5$); 4° le temps T_6 pendant lequel le groupe restait en réserve, soit par suite de manque de charge (ou de manque d'eau pour les groupes hydrauliques); 5° le temps T_7 pendant lequel on a eu besoin du groupe ($T_7 = T_1 + T_4$); 6° le temps maximum T_8, pendant lequel le groupe aurait pu fonctionner ($T_8 = 100 - T_5$).

Le tableau indique en outre le degré de charge annuelle qui est la moyenne des rapports de l'énergie fournie dans

Digitized by Google

l'année à l'énergie qui aurait pu être fournie, multipliés par cent et le degré de charge effectif pendant le fonctionnement qui est la moyenne des rapports de l'énergie fournie dans l'année à l'énergie qui aurait pu être fournie pendant la durée de fonctionnement, multipliés par cent. Le degré de sécurité est 100 fois le rapport du temps de fonctionnement

TABLEAU I.

Fonctionnement des groupes générateurs à vapeur pendant l'année 1923 *et des groupes hydrauliques en* 1924.

	GROUPES HYDRAULIQUES					GROUPES à vapeur.
	à jet libre.	à déviation.	installé avant 1920.	installé après 1920.	Moyenne.	
Nombre d'unités	8	48	21	18	56	87
Puissance moyenne en chevaux	10 080	18 070	12 160	19 170	16,950	38,600
Temps en pour 100 de fonctionnement réel T_1	51,39	81,25	75,34	73,02	74,98	72,4
— d'arrêt effectif. T_2. ($T_1 + T_2 = 100$)	48,61	18,75	24,66	26,98	25,02	27,6
— d'impossibilité de fonctionnement T_3	3,55	5,73	4,66	7,87	5,40	12,9
— — — pendant lequel les groupes étaient nécessaires. T_4	0,41	1,87	3,15	1,28	1,67	6
— d'impossibilité de fonctionnement pendant lequel on n'avait pas besoin des groupes. T_5. ($T_3 = T_4 + T_5$)	3,14	3,86	1,51	6,59	3,73	6,9
— pendant lequel les groupes restaient en réserve, faute de charge ou faute d'eau. T_6. ($T_6 = T_2 - T_3$)	45,06	13,02	20.00	19,11	17,62	14,7
— pendant lequel les groupes étaient nécessaires. T_7. ($T_7 = T_1 + T_4$)	51,80	83,12	78,49	74.30	78,65	78,40
Maximum pendant lequel les groupes auraient pu fonctionner. T_8. ($T_8 = 100 - T_5$)	96,45	94,27	95,54	92,13	94.60	87,10
Degré de charge annuel	16,5	51,5	51,3	40,1	48,1	56,6
Degré de charge pendant le fonctionnement	32,2	63,3	68,1	54,9	62,4	71,3
Degré de sécurité. $\frac{T_4}{T_7} = \frac{T_1}{T_1 + T_4}$	99,59	97,75	96,75	97,86	98,02	92,3

réel T_1 au temps T_7 pendant lequel on a eu besoin du groupe, soit $100 \cdot \frac{T_1}{T_7} = 100 \cdot \frac{T_1}{T_1 + T_4}$,

Le degré de sécurité donne une indication de la mesure dans laquelle un groupe est disponible; comme pour certains des groupes considérés, celui-ci a été égal à 100, cela indique que pour ceux-ci on a pu faire les travaux indispensables d'entretien et de contrôle pendant les heures où celui-ci était au repos. Cela explique pourquoi, pour les groupes qui sont presque tout le temps en fonctionnement pour, ont un degré de sécurité moins grand que ceux qui ne fonctionnent que pour fournir l'énergie supplémentaire pendant les périodes de pointe; c'est probablement pour cela que dans le tableau les bobines à jet libre, qui travaillent sous haute chute où une accumulation d'eau est relativement facile, ont un degré de sécurité plus élevé que celles à réaction travaillant sous basses chutes où l'accumulation d'eau est généralement difficile.

En comparant les groupes hydrauliques et les groupes calorifiques (qui ont très probablement des réserves semblables), les premiers ont un degré de sécurité (98,02) plus élevé que les seconds (92,3).

Le temps d'impossibilité de fonctionnement est de 5,4 pour les groupes hydrauliques et de 12,9 pour les groupes calorifiques, quoique dans les causes d'impossibilité de fonctionnement des premiers on compte les dérangements se produisant dans l'amenée de l'eau.

Le temps maximum pendant lequel les groupes peuvent fonctionner (94,6 pour les groupes hydrauliques et 81,7 pour les groupes calorifiques) est calculé en admettant que si les groupes fonctionnaient sans discontinuité, les dérangements ne seraient pas plus nombreux, ce qui est difficile à admettre.

En ce qui concerne les époques à laquelle les groupes hydrauliques ont été installés on n'a reçu des renseignements sur que pour 39 d'entre eux. Le degré de charge annuel et le degré effectif sont considérablement plus élevés pour les groupes installés avant 1920 que pour les autres, cela doit être attribué à la tendance actuelle d'équiper les usines hydro-électriques avec des ensembles des groupes relativement plus puissants qu'anciennement.

Le Tableau II (page suivante) indique pour les groupes hydrauliques, en pour cent du temps total d'impossibilité du fonctionnement, les temps perdus par suite de dérangements ou de revisions dans les diverses parties (installations hydrauliques, turbines, générateurs, installations électriques).

Comme la statistique se rapporte aux groupes générateurs, le comité a décidé de ne plus tenir compte à l'avenir des arrêts provoqués par des dérangements électriques se produisant à l'extérieur des génératrices. F. L.

Liaison téléphonique États-Unis-Mexique. (*The Electrical Review*, 21 janvier 1927.) — On projette d'établir dans le courant de cette année une liaison téléphonique entre les États-Unis et le Mexique, sur une distance de 4500 km. Il sera ensuite très simple de raccorder cette jonction à liaison radiotéléphonique transatlantique Amérique-Europe.

La jonction New York-Mexico pourra s'effectuer par le raccordement entre la ligne New York-Tharedo (Texas) de l'American Telephone and Telegraph C°, et les lignes que l'International Telegraph et Telephone C° doit établir entre Mexico-City et Nuevo-Laredo, à travers le Rio Grande, depuis Loredo.

La distance totale à vol d'oiseau est estimée 4280 km auxquels il convient d'ajouter 700 km environ pour obtenir la distance réelle par la route. J. M.

La liaison radio-télégraphique par ondes courtes dirigées Angleterre-Australie. (*The Electrical Review*, 21 janvier 1927.) — La station radiotélégraphique à ondes courtes dirigées que doit fournir la Compagnie Marconi au ministère des Postes et Télégraphes d'Angleterre pour sa liaison avec l'Australie a été livrée récemment aux ingénieurs du Post Office pour un essai officiel d'une semaine. Ces essais préliminaires ont

Digitized by Google

TABLEAU II.

	TURBINES		MOYENNE pour l'ensemble.
	à libre jet.	à réaction.	
Nombre des unités considérées.	8	44	52
1. Installations hydrauliques.			
Glace ou flottaisons	3,2	2,2	2,3
Hautes eaux	»	»	»
Conduites forcées ou canaux.	23,3	2,0	4,2
Vannes	1,2	4,0	3,7
Divers	»	1,8	1,6
Totaux	27,7	10,0	11,8
2. Turbines et accessoires.			
Roues	»	19,7	17,7
Vannes	»	5,0	4,6
Paliers	3,9	4,0	4,0
Crapaudines	»	0,7	0,6
Régulateurs	0,7	1,3	1,2
Conduites d'évacuation	«	2,0	1,8
Graissage	»	2,7	2,4
Contrôle et inspection	8,5	1,7	2,4
Autres causes	2,4	21,3	19,5
Revisions d'ensemble	»	1.6	1,5
Totaux	15,5	60,2	55,7
3. Génératrices et accessoires.			
Vibrations	»	»	»
Graissage ou pertes d'huile.	»	3,4	3,0
Rotors	17,1	0,4	2,1
Stators	23,2	13,2	14,2
Résistances de réglage	0,2	0,6	0,6
Ventilation	»	»	»
Nettoyages	0,1	7,5	6,7
Contrôle et inspection	11,3	0,4	1,5
Autres causes	0,1	0,6	0,6
Frotteurs et balais	»	»	»
Totaux	52	26,1	28,7
4. Installations électriques en dehors des génératrices.			
Organes de couplage	»	0,3	0,5
Barres générales	3,8	1,1	1,3
Transformateurs	0,3	1,3	1,2
Parties extérieures. Transport, etc.	0,7	1,0	1,0
Totaux	4,8	3,7	3,5
Totaux généraux	100	100	100
Temps total d'impossibilité de fonctionnement en pour 100 du temps total (d'après le Tableau I)	3,55	5,73	5,40

montré que les nouvelles stations australiennes permettront un service aussi bon, sinon meilleur, que les stations canadiennes déjà établies sur ce principe. Du côté anglais, le poste émetteur est situé à Tetney, village à 8 km de Grimsby, et les récepteurs à Winthorpe, à 3 km de Skegness. L'émetteur et le récepteur sont reliés par fils au central télégraphique de Londres. Du côté australien, l'émetteur est près de Ballan, à 70 km au nord-ouest de Melbourne, tandis que les récepteurs sont à Rockbank, à 25 km de Victoria, qui est la capitale, à laquelle émetteurs et récepteurs sont reliés par fils.

J. M.

Radiotéléphonie transatlantique. (*The Electrical Review*, 21 janvier 1927.) — A la suite de l'inauguration récente du service radiotéléphonique transatlantique, on se propose de construire une nouvelle station de réception, dans le Fifeshire, sur les terres de sir Makgill, à Kemback. Trois lignes de pylônes partiraient du centre de réception, sur une longueur de 4,5 km ; au cas où une installation d'essai donnerait des résultats intéressants, on procéderait à une construction définitive. Un câble sous plomb reliera Kemback et le central téléphonique de Cupar. L'une des premières communications transatlantiques a été faite à travers une installation de téléphonie automatique de Londres. J. M.

Télégraphie sous-marine. (*The Electrical Review*, 21 janvier 1927.) — On rapporte qu'après deux ans d'expérience, les ingénieurs de la Easten Telegraph Company sont arrivés à accroître la vitesse de transmission entre l'Angleterre et l'Afrique du Sud.

La suppression des postes de relais, à Saint-Vincent, Ascension et Sainte-Hélène, et l'accroissement de la vitesse de propagation à l'intérieur des câbles, permet maintenant de recevoir les messages à Capetown, au moment même où ils sont émis à Londres. Le nouveau système de transmission, dit à régénération, assure une liaison aussi rapide qu'une communication téléphonique. J. M.

Nouvelles Compagnies italiennes. (*The Electrical Review*, 10 décembre 1927.) — A la suite de l'extension récente de l'industrie électrique en Italie, on signale la formation de nouvelles sociétés dont les principales sont : Società Elettrovolta, Milan, au capital de 10 000 lire pour la construction de verrerie d'équipements électriques ; Società Impresi Elettriche Meridionali Sarde Iglesias, au capital de 600 000 lire pour l'exploitation d'un réseau de distribution d'énergie électrique en Sardaigne ; Società Construzione Elettromecaniche Ing. Geardini Novara, au capital de 500 000 lire ; Società Industria Romana Pile Elettriche, Rome, au capital de 25 000 lire ; Società Elettrometallurgica, Novara, au capital de 200 000 lire ; Società Officine Elettro-Meccanich Scarpa de Magnano, Savona, au capital de 1 200 000 lire ; Società Applicazioni Brevetti Elettrotechnici, Rome, au capital de 100 000 lire ; Società Bordoni Imprese Elettriche Industriale, Turin, au capital de 30 000 lire ; Società Azienda Commerciale Radio del Vecchio, Milan, au capital de 50 000 lire. J. M.

La situation industrielle en Autriche. (*The Electrical Review*, 10 décembre 1927.) — Le contrôle international des finances de l'Autriche, à la suite de son emprunt à la Société des Nations, lui a été des plus salutaires. La plus grande partie de cet emprunt a été consacrée à l'électrification des chemins de fer. Dans la plupart de ses branches productrices la capacité d'absorption du marché autrichien est largement dépassée. L'Autriche exporte donc et, entre autres produits, du matériel électrique, téléphonique et télégraphique.

Elle rencontre la concurrence anglaise sur les marchés étrangers voisins. Mais l'emploi presque généralisé de la langue autrichienne dans ces pays est un gros handicap pour l'Angleterre. Les machines électriques et équipements industriels trouvent des débouchés relativement faciles grâce aux travaux hydro-électriques, à l'électrification des chemins de fer et au développement de la radiodiffusion, quoique l'impulsion initiale de cette industrie particulière se soit ralentie dès 1925. 19 usines hydro-électriques furent terminées en 1925, représentant un total de 65 000 ch et une fourniture annuelle possible de 301 000 000 kw-h. En 1926, on espérait finir 4 usines de 7400 kw (62 000 000 kw-h). En 1925, 4 centrales d'une puissance totale de 45 000 ch susceptibles d'un débit total annuel de 342 000 000 kw-h furent entreprises, 4000 km de lignes de transport à haute

364849A

Digitized by Google

tension ont été posées depuis 1917. Un projet a été dressé pour l'exploitation des forces hydrauliques du Danube à proximité de Vienne, dont on pourrait extraire 130 000 ch; il semblerait que l'avenir des entreprises soit lié à la fourniture de l'énergie qui leur est nécessaire.

L'électrification de la ligne de l'Arlberg est terminée jusqu'à Feldkirch, à 158 km d'Innsbruck. On estime qu'elle atteindra la frontière suisse à Bucho et Bregenz au début de l'année courante. Des progrès sont faits également sur les lignes à l'est de Innsburg. La compagnie de radiodiffusion « Ravag » possède 2 stations; 2 autres sont en projet : il y a une demande nette pour des haut-parleurs de bonne qualité. Les exportations se répartissent comme suit : machines électriques et lampes d'éclairage : 1924, 31 721 000 sch ; 1925, 29 138 000 sch ; appareillage électrique et accessoires : 1924, 35 538 000 sch ; 1925, 29 672 000 sch. J. M.

La production d'énergie électrique en Italie pendant l'année 1925. (*Bulletin n° 12 de l'Association suisse des électriciens.*) — A la fin de l'année 1925, il y avait en Italie 552 centrales électriques hydrauliques ayant une puissance totale installée de 1 911 103 kw et 146 centrales thermiques avec une puissance installée de 481 057 kw.

Le tableau suivant indique la répartition des diverses centrales électriques entre les diverses contrées et leur production en 1925.

CONTRÉES.	PUISSANCE INSTALLÉE. En milliers de kilowatts.	ÉNERGIE PRODUITE en 1925. En millions de kilowatt-heure.	NOMBRE D'HEURES D'UTILISATION ANNUELLE. En 1925.	NOMBRE D'HEURES D'UTILISATION ANNUELLE. En moyenne, de 1920 à 1924.
Région de Venise	219,2	674,5	3077	3595
Bassin du Pô	1113,3	3622,9	3254	3370
Bassin du littoral. Ligurie. Toscane	116,2	344,6	2965	3130
— Romagne. Marchigiano	56,8	164,0	2887	3520
— du Latium	204,8	751,6	3669	3670
— des Abruzes-Molizana	64,2	322,8	5028	5310
Bassins de l'Italie méridionale et des îles	136,6	313,0	2291	2550
Totaux et moyennes	1911,1	6193,4	3240	3390

Les usines thermiques ont produit, en 1925, 351,5 millions de kw-h, soit environ 5,5 pour 100 du total, et leur durée d'utilisation annuelle a été de 730 heures. Tandis que la consommation annuelle d'énergie électrique a été de 554 kw-h et a même atteint 885 kw-h en Ombric, elle n'a été dans l'ensemble de l'Italie que de 68,9 kw-h.

La production des usines génératrices figurant dans la statistique est estimée à 90 pour 100 de la production réelle de l'Italie qui a en outre importé 227 millions de kv-h de Suisse.

La production mensuelle d'énergie électrique des centrales électriques hydrauliques italiennes varie à peu près dans la proportion de 4 à 5 entre l'hiver et l'été; en Lombardie et dans le Piémont, la proportion est de 4 à 5.9.

Les données de la statistique, relatives à l'utilisation des grands réservoirs d'accumulation d'eau, sont très intéressantes. La quantité maximum d'énergie accumulée simultanément dans les réservoirs de la région des Alpes a été de $308{,}10^6$ kw-h, soit 75 pour 100 environ de l'énergie totale qui peut y être accumulée. Cette énergie était de peu inférieure à l'énergie totale produite dans l'année par les usines thermiques. L'énergie minimum momentanément accumulée dans ces réservoirs, et par conséquent non utilisée en 1925 a été de 64,4 millions de kw-h. L'énergie momentanément accumulée dans tous les réservoirs d'accumulation d'eau de l'Italie, qui ont une contenance totale de 750 millions de m^3, a été de $375{,}10^6$ kw-h.

La puissance totale installée dans les centrales hydrauliques était de $1{,}91.10^6$ kw, la charge maximum a été en 1925 de $1{,}54.10^6$ kw, et la charge maximum moyenne pendant le mois le plus chargé de $1{,}36.10^6$ kw-h.

Pour les usines thermiques, ces nombres ont été respectivement de 0,481, 0,296 et $0{,}226.10^6$ kw-h.

Dans le courant de l'année, la charge maximum totale de toutes les usines a varié à peu près dans la proportion de 88 à 109. La statistique de la production italienne donne aussi des renseignements sur l'utilisation de l'énergie; elle distingue 4 catégories :

Eclairage et emploi pour le chauffage, 15 pour 100 de l'énergie totale.

Force motrice (sans la traction), 60 pour 100.

Traction, 11 pour 100.

Industrie chimique et métallurgique, 14 pour 100.

Les renseignements contenus dans la statistique, pour l'utilisation de l'énergie électrique, se rapportent à environ 54 pour 100 de la production totale.

Les centrales à vapeur italiennes consomment environ 1,35 kg de charbon par kw-h produit et les centrales avec moteur Diesel 0,75 kg d'huile. F. L.

Aménagements hydro-électriques en Norvège (*The Electrical Review*, 4 février 1927.) — Le ministère norvégien des travaux hydrauliques a prévu, dans son projet de budget de l'exercice 1927-1928, les sommes nécessaires à l'achèvement des travaux en cours et à l'exécution de nouvelles entreprises en coordination avec les ouvrages nationaux hydroélectriques actuellement en cours de réalisation sur la rivière Nore. Ces travaux doivent permettre de fournir de l'énergie électrique au mois de juillet 1928; un capital de 48 000 000 kr. a déjà été réuni à cette intention. Des contrats pour la vente de 43 000 kw sont passés; on envisage que les demandes à venir porteront cette puissance à 55 000 kw. On envisage dès maintenant les possibilités d'extension future de l'installation au cas où la demande totale dépasserait les prévisions initiales. J. M.

Distinctions honorifiques. — ORDRE NATIONAL DE LA LÉGION D'HONNEUR. — Parmi les récentes promotions au grade de *Commandeur*, nous sommes heureux de citer :

M. BLONDEL, membre de l'Institut.

M. WALCKENAER, Inspecteur général des Mines. Professeur à l'Ecole des Ponts-et-Chaussées.

Nous leur adressons nos plus vives félicitations.

Digitized by Google

LES ACCIDENTS
DE
L'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE ET DOMESTIQUE

L'article qu'on va lire résume une conférence faite aux « Journées médicales de Bruxelles » par un maître réputé, le Docteur Zimmern, *professeur à la Faculté de Médecine de Paris. Nous nous faisons un plaisir et un devoir de la reproduire ici en recommandant à tous ceux qui de près ou de loin s'occupent d'installations électriques, ingénieurs ou exploitants, de la faire connaître autour d'eux, étant donnée son importance.*

Les courants de basse tension peuvent, en effet, être tout aussi dangereux que les courants de haute tension. Le public, qui quotidiennement en fait usage, doit être instruit de ces dangers et des facteurs physiques dont ils dépendent, seul moyen d'éviter les imprudences. Ce chapitre d'hygiène collective doit être également connu de tout médecin et aussi de tout ingénieur qui peut être inopinément appelé à donner ses soins à un électrocuté.

Introduction. — Il n'y a guère de progrès dans la recherche du bien-être et du confort, qui n'apporte avec lui sa rançon de dangers. Il en est ainsi de toutes les formes d'énergie que la science a mises au service de la civilisation : la vapeur, le pétrole, l'électricité, etc.

Productrice de lumière, transporteuse d'énergie, l'électricité fait sournoisement, chaque année, un grand nombre de victimes, non seulement dans le rang des professionnels, mais aussi dans le public. Elle peut frapper aussi bien l'ouvrier dans l'usine, le passant sur la voie publique, que l'usager à son domicile.

A l'usine, l'ouvrier, le monteur est assujetti à des règlements protecteurs ; son instruction professionnelle l'a mis en garde contre les éventualités d'accident. Mais parfois celui-ci est le résultat d'une distraction, ou de cette insouciance à laquelle on s'abandonne inconsciemment, lorsqu'on côtoie journellement le danger. D'autres fois encore, l'accident arrive par un concours imprévu de circonstances, qu'on attribue, mais qu'il répugne d'attribuer à la fatalité.

Sur la voie publique, plus de 500 000 km de fils aériens dressent, au-dessus de nos têtes, un réseau qui se resserre chaque jour. Des ouvriers, électriciens, couvreurs, maçons, des grimpeurs peuvent l'atteindre, ou bien encore un fil peut se rompre et tomber à terre, par exemple en temps d'orage.

Le promeneur est dûment averti du danger par la macabre effigie des deux fémurs surmontés d'une tête de mort, avec la légende : « Haute tension : Danger de mort », inscription fallacieuse qui a trop souvent laissé s'accréditer cette opinion erronée que, seule, la haute tension est dangereuse, et, ne serait-elle pas si haute, qu'elle serait inoffensive.

Or la basse tension, les 110 ou 220 v du courant qui pénètre nos demeures, compte aussi ses victimes, et leur nombre s'accroît avec les usages de plus en plus variés de l'électricité domestique (éclairage, chauffage, force motrice sous toutes ses formes).

L'éducation des abonnés est généralement mal faite, car les compagnies d'éclairage ne sont tenues à aucune recommandation. Les installateurs ne prennent aucun souci des enseignements de l'expérience. Les ingénieurs, sur la question des accidents, sont beaucoup moins à la page que les médecins. C'est souvent une surprise pour eux quand se produit un accident à domicile. Cela tient à ce que la grande variable biologique qu'est la résistance du corps humain ne leur est pas une notion familière.

Bien des malheurs cependant pourraient être évités, si l'abonné était mieux averti du danger. Certaines imprudences ne seraient jamais commises, si la notion du rôle que joue l'humidité était plus répandue, si les particuliers n'ignoraient pas que la cave, la cuisine, la salle de bains, et, les médecins, la salle d'opération, peuvent être de « mauvais lieux ».

Les statistiques par lesquelles on pourrait se rendre compte de la fréquence des accidents sont malheureusement défectueuses. Elles relèvent en France, dans ces dernières années, plusieurs milliers d'accidents par an, dont plusieurs centaines de mortels. Mais leur liste est incomplète. Les services de l'inspection du travail ne s'intéressent, en effet, qu'aux accidents d'usine, qui doivent obligatoirement leur être signalés ; les enquêtes officielles ne se déclenchent qu'en cas de mort ou d'accident grave sur la voie publique. Ce qui fait que restent ignorés les accidents dans les installations non soumises au contrôle, les laboratoires, dans les cas de brûlures qui font l'objet de réclamations particulières en dommages-intérêts, et enfin toute la série des accidents domestiques de la basse tension, dont la relation ne franchit qu'exceptionnellement le seuil de l'habitation privée.

Les problèmes posés par les accidents. — Dans cette question des accidents de l'électricité, deux grands problèmes fondamentaux se posent :

1° Comment éviter les accidents ?

2° Comment les traiter ?

Le premier problème est assez facile à résoudre dans l'enceinte des usines, parce que les conditions productrices sont à peu près toujours les mêmes, mais, en dehors de l'usine, il se heurte à cette difficulté de l'infinie variété des circonstances, qui font que bien souvent un accident déterminé échappe à toute prévision. On pourrait presque dire que deux accidents ne se ressemblent pas dans leur cause productrice.

Le second problème, le problème thérapeutique, exige la connaissance de la cause de la mort. Or, sur ce point, ainsi que nous le verrons plus loin « grammatici certant », et nous ne nous appuyons encore que sur des probabilités.

Digitized by Google

Les conditions de production des accidents. — Un accident est généralement la résultante de deux groupes de facteurs, des facteurs d'ordre physique, des facteurs d'ordre biologique.

Envisageons d'abord les facteurs physiques :

On considère avec juste raison, comme particulièrement dangereuse une dérivation du courant à travers le corps, qu'il s'agisse de haute ou de basse tension. Elle se trouve réalisée dans le « contact bipolaire », c'est-à-dire lorsque la victime, en contact avec l'un des conducteurs, vient toucher l'autre conducteur, le fil de retour par exemple.

L'un des exemples les plus communs de ce mode de contact est celui des enfants qui, méprisant les piquants des pylônes, grimpent sur ceux-ci pour dénicher les nids que les oiseaux ont l'habitude de faire entre les traverses les plus élevées, et qui, arrivés au sommet, se font prendre entre les deux fils de la ligne.

Mais le contact bipolaire, exception faite pour les cas de ce genre, et pour les accidents à l'intérieur de l'usine, n'est pas, en somme, la modalité la plus fréquente. Beaucoup plus souvent, l'accident est dû au fait que la victime dérive au sol une fraction plus ou moins élevée de l'intensité. C'est ce qu'on appelle le « contact fil et terre », et qu'en jargon d'électricien définit l'expression : « Il a fait une terre ».

L'immense majorité des accidents sont des « terres ». En voici une série d'exemples assez fréquents.

C'est l'ouvrier qui manœuvre une chignole électrique, les pieds reposant sur le sol humide. Les fils d'arrivée à la chignole sont mal isolés, une dérivation se produit à travers son bras. Annuellement, on relève sept à huit accidents de ce genre dans le département de la Seine.

Un pompier, excellent gymnaste, monte sur un pylône, pour s'y produire dans quelques exercices d'équilibre. Par malheur, son pied vient à toucher un fil, un court instant, il est vrai. Mais le courant se prolonge par un arc de rupture. Sous le choc électrique, notre pompier lâche prise et tombe sur le sol.

Dans un bourg de province, un charron, pour faire une bonne plaisanterie à ses visiteurs, ne trouve rien de mieux que d'enrouler autour du bouton métallique de sa porte des fils reliés au secteur et mal isolés. Deux visiteurs, en touchant le bouton de la porte, ne reçoivent qu'une secousse désagréable, mais un troisième, probablement pour des raisons de conductibilité meilleure de ses tissus, est électrocuté.

La « terre » peut être réalisée de façon très simple, par l'innocente lampe à incandescence. Sans doute, le nombre d'accidents par rapport au nombre considérable des lampes en usage est-il infinitésimal, néanmoins on en relève d'assez impressionnants.

C'est surtout la baladeuse qui compte à sa charge la plupart des électrocutions et des brûlures. Bien isolée elle n'offre aucun danger, mais, par contre, le moindre défaut d'isolement fait qu'en prenant à la main soit la douille, soit le panier protecteur, le sujet se trouve en contact avec la tension, et le courant se ferme ainsi à travers lui sur le sol.

Ces défauts d'isolement peuvent provenir soit d'une installation défectueuse, soit que le verre de la lampe se trouve recouvert de saletés ou de produits conducteurs, soit enfin que la vis de serrage des conducteurs à l'intérieur de la douille arrive au contact de la bague et mette ainsi cette dernière sous tension.

L'accident classique est celui de l'ouvrier qui pénètre avec une baladeuse dans une chaudière pour en effectuer le nettoyage, et qui en venant au contact avec la paroi est électrocuté.

Sur un sol bien isolant, sur les tapis d'appartement, sur un linoléum, le danger peut être à peu près nul. Mais il y a déjà quelque risque à se tenir avec une baladeuse sur un sol de béton, par exemple, qui, très hygrométrique, devient bon conducteur par temps humide, et le danger devient considérable dans les usines dont le plancher est habituellement humide, notamment dans certaines fabriques de produits chimiques, où le sol peut être baigné de substances très conductrices.

Pour ces mêmes motifs, il faut se garder de remplacer une lampe usagée dans un jardin humide, surtout en montant sur une chaise métallique.

Jellineck cite le cas d'un ingénieur qui cheminait dans sa cave, très humide probablement, et qu'on retrouva quelques heures après, gisant à terre inanimé, et tenant une baladeuse dans sa main crispée.

Voici encore la relation d'un autre cas assez suggestif. A la suite du brouillage de fils sur une canalisation aérienne se déclarèrent dans une agglomération quatre commencements d'incendie. Deux ménagères, qui, en deux endroits différents, étaient occupées à repasser le linge avec des fers électriques, ressentirent, l'une une secousse qui lui fit rejeter l'instrument, l'autre un échauffement qui le lui fit abandonner. Un vigneron, qui descendait à sa cave, fut trouvé mort en tenant à la main une baladeuse qu'il avait décrochée pour s'éclairer. Les deux ménagères furent épargnées, parce que pour elles, l'accident s'était produit sur plancher relativement sec, tandis que le vigneron trouva la mort en raison de l'humidité du sol.

Ce fait divers montre combien il y a lieu de se méfier des appareils électriques dans les buanderies. Il en est de même de la cuisine qui est parfois le théâtre d'accidents du même genre En voulant déplacer le fil de sa baladeuse un homme se trouve frappé par le courant dans un coin de cuisine dépourvu de plancher; il s'affaisse et ses vêtements mouillés se mettent en contact avec la canalisation. Sa femme, venue à son secours, touche le fil et a un pied endommagé; enfin, un homme âgé de 76 ans voulut saisir le fil pour l'écarter, fut électrocuté, et on dut couper le courant dans la commune pour relever les deux cadavres.

Une imprudence assez fréquemment commise dans les cuisines d'où ne résulte parfois qu'une violente secousse, mais qui a déjà été suivie de mort, est celle qui consiste à

Digitized by Google

empoigner d'une main une lampe électrique pour s'éclairer au-dessus de la pierre à évier et, de l'autre, à ouvrir en même temps le robinet d'eau.

Qu'on me permette de retenir l'attention d'une façon toute spéciale sur ce point généralement ignoré ou incompris que, dans tous ces accidents dont l'origine est la lampe électrique, celle-ci, pour être meurtrière, n'a nul besoin d'être allumée. En effet, l'interrupteur se trouve toujours interposé sur l'un des deux fils d'arrivée à la lampe, l'autre fil reste par conséquent en relation avec la tension. Par défaut d'isolement, la douille peut donc se trouver au potentiel de la ligne, c'est-à-dire à 110, 220, 330, 440 v, suivant le mode de distribution d'énergie électrique dans le local habité, et il est clair qu'on ne manipulera pas impunément, si l'on est à la terre, une lampe dont la douille se trouve portée à 440 v. La mise en réforme de tous les interrupteurs unipolaires serait évidemment une mesure exagérée, mais, par contre, il serait souhaitable que dans toutes les installations où le sol est humide ou en matière hygrométrique, ceux-ci soient rigoureusement proscrits et remplacés par des interrupteurs coupant le courant sur les deux fils d'arrivée.

Pour qu'une « terre s'établisse », il n'est pas nécessaire que le contact avec la tension soit, comme dans les exemples ci-dessus, un contact solide. Ce contact peut être réalisé par un conducteur liquide.

On sait que dans les instructions données aux pompiers figure l'interdiction de diriger leur lance sur des appareils électriques en action. En effet, la conductibilité de la veine liquide peut établir une dérivation entre un appareil sous tension et le sol inondé à travers la main du pompier qui tient la lance.

Pendant la guerre, alors que l'ennemi avait envoyé du courant de haute tension dans des haies en fil de fer barbelé, plusieurs soldats ont trouvé la mort en urinant contre ces clôtures.

Un accident du même ordre est celui de cet enfant qui, du haut d'un pont, dirigea, pour s'amuser, son jet d'urine sur les trolleys d'un tramway qui passait au-dessous.

Il y a quelques années également un militaire ayant uriné contre d'un pylône supportant des câbles de haute tension fut foudroyé. L'enquête permit de reconnaître que la prise de terre du pylône était défectueuse, et que la rupture un isolateur en porcelaine avait laissé s'établir une connexion entre la haute tension et la masse du pylône, ce dernier était isolé du sol par le massif de béton dans lequel il était encastré. Le sol était, ce jour là, extrêmement humide, à la suite d'un orage qui avait parcouru la région. Cet accident permit d'expliquer du même coup la mort mystérieuse de deux bœufs qui avaient passé au voisinage du pylône quelques jours auparavant.

A domicile, le conducteur liquide joue un rôle important dans ces accidents de baignoire qui commencent à être connus du grand public, grâce à leur relation dans la grande presse. Par l'électrode liquide qui enveloppe le sujet, et qui se trouve en continuité avec la vidange et le tuyau de descente, la baignoire constitue la plus parfaite des prises de terre.

Dans un accident signalé naguère par Lutaud, la victime s'était mise en communication avec l'un des pôles de la tension par une sonnette à chaîne métallique dont les fils dénudés par usure se trouvaient mélangés avec les fils de lumière. Dans l'accident plus récent de Mlle de C..., cette jeune fille avait empoigné un radiateur parabolique en cuivre rouge, pour en diriger le faisceau sur sa tête, en vue de se faire sécher les cheveux. Un mauvais isolement de l'appareil amena une dérivation à travers son bras et on la retrouva, plusieurs heures après, morte dans son bain et le radiateur tombé dans la baignoire.

Profitant de l'absence de ses maîtres pour prendre un bain, une jeune bonne, citée par Jellineck, voulut, pour réchauffer la pièce, mettre en marche un radiateur. Une secousse lui fit perdre connaissance et la précipita au fond de la baignoire où on la retrouva noyée.

On peut imaginer jusqu'où peut aller l'incompréhension du danger, quand on voit un ingénieur lui-même qui, après avoir construit de ses propres mains un poêle électrique destiné à chauffer sa salle de bains, se penche hors de la baignoire pour allumer sa cigarette à la résistance incandescente de cet appareil, la touche involontairement, reçoit un choc et succombe victime de son imprudence.

Et ce genre d'accident peut survenir même dans des circonstances en apparence énigmatiques, ainsi que le montre un rapport d'expertise publié par Jellineck. C'est encore d'une jeune bonne qu'il s'agit, qu'on découvre dans la baignoire cramponnée au robinet, et ne donnant plus signe de vie. Chose incompréhensible, la salle de bains n'était traversée par *aucun conducteur électrique*. L'enquête démontra que la canalisation d'amenée de l'eau voisinait à la cave avec la colonne montante d'électricité et qu'un contact s'était établi avec l'un des conducteurs dénudé.

Devant la répétition d'accidents de cet ordre, il est surprenant que les compagnies de distribution ne soient pas mises dans l'obligation d'instruire leurs abonnés du danger ou que les prescriptions de police n'interdisent pas au moins dans les salles de bains tout appareil autre que les plafonniers.

Qu'il nous suffise de signaler en passant les inconvénients qu'il peut y avoir à utiliser dans les salles d'opération les divers appareils d'endoscopie, cytoscopes, etc., imprudemment reliés au secteur d'éclairage. Il n'est guère d'opérateur habitué au photophore frontal qui ne se souvienne avoir reçu quelque malencontreuse secousse, sans autre conséquence, il est vrai, mais on conviendra qu'en cas d'opération délicate, sur l'œil, par exemple, une telle secousse, pour n'être pas préjudiciable à l'opérateur, peut l'être singulièrement pour l'opéré.

Des accidents peuvent se produire aussi dans les cabinets de toilette avec les appareils électriques à eau chaude, voire avec les résistances destinées à

Digitized by Google

chauffer des fers à friser. J'ai eu l'occasion de soigner une dame qui, ayant constaté que son appareil ne s'échauffait pas, et voulant en rechercher la cause, empoigna l'appareil d'une main et plongea l'autre main dans sa cavité, pour examiner ce qu'il pouvait y avoir d'anormal. Brusquement, elle fut prise d'une contraction violente dans les deux bras, qui détermina une arthrite traumatique de l'épaule, une fracture d'un des os de l'avant-bras et à la suite une névrite sensitivo-motrice, dont le traitement exigea plusieurs mois.

De tels exemples conduisent tout naturellement à appeler l'attention sur le danger qu'il y a à mettre entre les mains des enfants des jouets électriques fonctionnant sur secteur, et, puisque nous parlons d'enfants, voici un accident dont les conséquences auraient pu être dramatiques et que j'emprunte à l'*Electrotechnische Zeitung* : Une maman avait l'habitude de chauffer le lait destiné à son bébé dans une bouilloire électrique. Celle-ci était reliée à la prise murale de courant par un fil souple, coiffé à l'extrémité opposée de deux embouts en ébonite, ayant sensiblement la forme d'une sucette. Un jour ayant détaché la bouilloire sans avoir déconnecté la prise murale, la mère laissa par inadvertance traîner les deux conducteurs sur le berceau de l'enfant et s'éloigna un instant. Au retour, elle trouva l'enfant ne respirant plus, tenant dans la main l'un des embouts, et l'autre entre ses lèvres. Heureusement que le retour de la mère s'effectua assez tôt, car grâce à secousses et fessées, l'enfant fut rappelé à la vie.

C'est avec intention que nous avons choisi la plupart des exemples ci-dessus parmi les accidents de la basse tension, et cela notamment pour montrer les conditions variées et parfois inattendues qui sont à leur origine.

Autrefois, les prescriptions émanées des pouvoirs publics visant le travail dans l'industrie électrique avaient établi une classification d'après la valeur de la tension. On considérait comme basses tensions les tensions inférieures à 600 v en courant continu, et à 150 v en alternatif. Ce n'est qu'au-dessus de ce chiffre que les usagers étaient invités à prendre des précautions sérieuses. On laissait, somme toute, les basses tensions, un peu comme les fleurs dans les parcs, sous la sauvegarde du public.

Aujourd'hui, cette distinction apparaît comme nettement périmée. La gravité d'un accident n'est pas fonction de la tension. Même une tension de 65 v peut être mortelle. Et du reste, si la théorie de la mort par trémulations fibrillaires du cœur, dont nous aurons l'occasion de parler plus loin, se trouvait confirmée, il en résulterait même que la basse tension serait plus à redouter que la haute tension.

La tension ne pouvant donc pas être considérée comme le principal facteur de gravité dans la genèse des accidents, faut-il chercher celui-ci dans l'intensité du courant? La question aurait à peine besoin d'être posée, si les effets nocifs de l'intensité dépendaient de sa valeur absolue et n'étaient pas, en même temps, une fonction complexe d'un certain nombre de variables, comme, par exemple, la durée de passage du courant ou la densité au niveau des organes sensibles, conséquence du trajet suivi par les filets de courant. Nous verrons plus loin l'importance que certains auteurs attachent au passage du courant de bras à bras, parce que dans ces conditions, la densité du courant qui traverse le cœur se trouve relativement élevée.

Il est de notion courante qu'avec le doigt sec, on peut sans danger toucher un conducteur. De même la main calleuse de l'ouvrier peut le protéger dans un certain nombre de circonstances.

Barrière de défense de l'organisme contre les agents extérieurs, l'épiderme, en effet, ou plus exactement sa couche cornée, en raison de sa mauvaise conductibilité électrique, interdit le passage de hautes intensités. Mais il suffit que la main soit humide, mouillée par la transpiration, humectée ou imbibée d'une solution saline, pour que sa résistance, diminuée dans des *proportions considérables*, offre une facile porte d'entrée au courant électrique.

La surface d'entrée du courant, toutes choses étant égales d'ailleurs, joue également un rôle important. Plus la porte d'entrée sera grande, plus l'intensité qui parcourra l'organisme sera élevée. C'est pourquoi avec la large électrode liquide qui enveloppe l'organisme dans la baignoire, l'intensité qui parcourt le sujet doit atteindre une valeur considérable.

Il serait cependant tout à fait inexact d'en conclure qu'avec une porte d'entrée très petite, le danger se réduit à néant. On peut, en effet, être tué par une étincelle dont la surface de contact avec les téguments peut être considérée comme négligeable, témoin le cas de cet ouvrier qui reçoit dans le dos la décharge d'un conducteur à 5000 v et qui est électrocuté.

Pour que la dérivation du courant s'établisse au sol, il faut évidemment que celui-ci ne soit pas en matière isolante, auquel cas le danger est nul, le sujet étant simplement dans ces conditions porté au potentiel du conducteur. L'humidité du sol, accidentelle ou par sa constitution : carrelage humide, sol d'usine où se fabriquent des produits électrolytiques, est toujours à considérer dans les accidents de l'électricité.

On sait qu'il est recommandé aux ouvriers de se tenir toujours sur un sol sec, recouvert de caoutchouc ou de linoléum, de ne pas avoir les chaussures humides, de ne pas porter de chaussures ferrées. L'usage des caoutchoucs est même obligatoire dans certaines centrales électriques. La dérivation au sol par des chaussures humides explique un grand nombre d'accidents de la haute comme de la basse tension.

Devant la complexité des causes physiques des accidents de l'électricité, on s'est demandé si, au lieu de la tension ou de l'intensité, ce n'est pas le produit de ces deux grandeurs qu'il y avait lieu de mettre en cause, ou, en d'autres termes, si la gravité de l'accident n'était pas fonction numérique de la puissance du courant.

Cette conception n'est pas à rejeter *a priori*, car on ne

Digitized by Google

peut pas se dispenser d'admettre que le travail électrique est consommé sous forme mécanique ou calorifique dans l'intimité des tissus. Dans ces conditions, si sa valeur est suffisamment élevée pour produire la mort, celle-ci serait le résultat soit du choc, soit d'une élévation de température instantanée des organes placés sur le trajet du courant.

Mais en fait, cette théorie n'est guère compatible avec tous les cas, car elle ne saurait expliquer comment les courants de haute tension et de très faible intensité peuvent ne produire qu'une syncope passagère, alors que des courants de basse tension, de puissance égale, sont fatalement mortels. Toutefois, il y a lieu de retenir la notion du choc comme cause infiniment vraisemblable de l'inhibition des centres nerveux, de la mort « par le bulbe ».

Un certain nombre de facteurs biologiques sont susceptibles d'intervenir à côté des facteurs physiques ci-dessus pour réduire ou accroître les conséquences d'un accident électrique déterminé.

C'est ainsi que l'état psychique du sujet à l'instant de l'accident peut avoir une importance considérable. L'attention joue le rôle d'une défensive, et peut atténuer l'effet nocif du choc, même l'annuler complètement. Par contre, la surprise joue un rôle défavorable. Un contact auquel on ne s'attend pas est plus dangereux qu'un contact auquel on s'attend. Les insuccès des premières électrocutions pénales américaines ont été précisément attribués à ce fait que le condamné s'attendait sur la chaise fatale à la violente secousse qui devait l'emporter.

On a dit que la peur diminuait l'aptitude du système nerveux à réagir contre le choc. La vérité est peut-être que certains accidents mortels attribués à l'électricité peuvent n'avoir été autre chose que des morts subites, simplement occasionnées par la peur. Il en est des cas authentiques, témoin l'histoire de cet ouvrier, racontée par Jellineck, qui, ayant plusieurs fois déjà, fait malencontreusement connaissance avec la tension, toucha un jour un câble où *ne passait pas de courant* et s'affaissa subitement.

C'est l'analogue du cas clinique de Verneuil, de ce malade qui mourut subitement au moment où le Maître, expliquant l'opération qu'il allait entreprendre, traçait avec l'ongle sur la peau l'endroit où il se proposait de faire l'incision.

Le sommeil crée vis-à-vis du courant électrique une sorte d'immunité, ce qui semble assez contradictoire avec ce qui vient d'être dit du rôle de l'attention. Expérimentalement, lorsqu'on soumet des lapins chloroformés à l'action de forts courants, on constate que ceux-ci supportent parfaitement le choc, tandis que les témoins non chloroformés sont foudroyés. De même on a vu souvent des dormeurs, frappés par la foudre sous des arbres ou dans leur lit, se réveiller sans autre dommage que quelques brûlures. On cite encore le cas de deux ouvriers qui, endormis au voisinage de conducteurs transportant 20 000 v, entrèrent au contact de la tension par rupture d'un câble et se réveillèrent simplement étourdis.

L'état individuel paraît également jouer un certain rôle dans les conséquences du choc électrique. On a attribué une certaine importance à l'âge, à la constitution, à la race; on a voulu expliquer certains cas de mort subite, par une prédisposition constitutionnelle, et l'école allemande a émis l'hypothèse d'une sorte de sensibilisation due à la constitution lymphatico-thymique. Les cardiopathies, par contre, ne semblent pas créer un état d'infériorité, car on découvre dans les usines un certain nombre de monteurs et d'ouvriers atteints d'affections cardiaques ou aortiques, qui se sont trouvés frappés par le courant dans des circonstances diverses, sans aucun retentissement immédiat ni tardif sur leur lésion.

On a maintes fois agité la question d'un examen médical d'aptitude professionnelle pour les ouvriers électriciens. Devant le peu de données que nous avons sur les véritables prédispositions diathésiques, un jury serait obligé de se montrer très large, sauf pour les sujets dont l'attention serait trop souvent exposée à des défaillances, ou qui seraient affectés d'une tare véritablement spécifique comme l'hyperhidrose.

(*A suivre.*) Dr ZIMMERN.

TECHNIQUE DES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

DISTANCES A OBSERVER ENTRE LES DIFFÉRENTS ÉLÉMENTS D'INSTALLATIONS A HAUTE TENSION (1).

Bien que la détermination des distances entre les différents éléments constitue un des principaux facteurs du problème des installations à haute tension, on constate que les valeurs adoptées tant en France qu'à l'étranger ne sont pas précisément très concordantes.

Dans l'article suivant, les auteurs indiquent, d'une part, les valeurs pratiques qu'ils ont utilisées jusqu'à ce jour, et, d'autre part, proposent un critérium destiné à servir de base pour la détermination de nouveaux barèmes de distance.

A l'occasion de la consultation faite récemment par le Ministère des Travaux publics auprès des groupements professionnels compétents pour connaître les observations qu'ils pouvaient avoir à formuler sur l'Arrêté technique en vigueur du 30 avril 1924, nous proposions que les connexions de Postes ou Sous-stations électriques satisfassent aux deux conditions suivantes :

« Les canalisations nues de la deuxième catégorie de-
« vront être établies sur des isolateurs de dimensions
« convenables et disposés pour :

« *a*) éviter qu'un arc puisse s'amorcer entre conduc-
« teurs sous une différence de potentiel égale à celle
« d'essai des isolateurs.

(1) Extrait de *Mécanique et Electricité*, septembre-octobre 1926.

Digitized by Google

« *b*) Résister à l'effort électromatique provoqué par « l'intensité maxima dont le circuit peut être le siège.

Ces deux postulats contiennent une partie des principes à observer pour l'établissement des connexions d'installations à basse et haute tension, tout au moins en ce qui concerne les distances à ménager entre éléments sous courant du point de vue de la tension ou vis-à-vis des efforts électromagnétiques.

TABLEAU I.

Installations intérieures H. T. à courant alternatif. Distances à observer entre les différentes parties des installations.

Etude de 1921.

TENSION nominale de service.	DISTANCES d'éclatement entre pointes dans l'air.	DISTANCES rectilignes à la terre résultant du type d'isolateur.	DISTANCES ENTRE CONDUCTEURS								DISTANCES ENTRE CONDUCTEURS ET TERRE					
			entre axes des barres omnibus.			entre les parties les plus rapprochées des pièces sous tension.				entre axes des conducteurs.		entre les parties les plus rapprochées des pièces sous tension et la terre.			entre axes des conducteurs et la terre.		
			Samuels.	Drouin.	Courbes C.F.T.H. 1921.	Samuels.	Drouin.	Courbes C.F.T.H. 1919.	Courbes C.F.T.H. 1921.	Courbes C.F.T.H., 1919.	Courbes C.F.T.H. 1921.	Samuels.	Drouin.	Courbes C.F.T.H. 1919.	G.E.C.O.	Courbes C.F.T.H. 1919.	Courbes C.F.T.M. 1921.
en volts	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm
7 500	15	80	250	280	250	150	120	150	105	200	170	100	90	120	50	160	130
15 000	26	120	300	315	300	190	140	225	195	300	250	125	120	158	125	210	160
25 000	60	170	400	380	410	260	200	315	250	420	320	200	170	205	190	275	210
30 000	80		460	450	470	320	225	335	290	475	360	250	200	240	250	320	240
35 000	100	350	550	480	540	375	275	400	320	535	400	300	225	262	270	350	265
40 000	125		600	540	610	425	320	445	355	590	440	350	260	300	310	400	300
40 000	140	400	675	600	680	475	370	485	390	650	480	400	300	320	340	425	330
50 000	160		750	660	750	525	400	535	430	710	525	450	350	352	340	470	360
55 000	175		830	725	825	575	450	576	470	770	570	475	380	375	420	500	400
60 000	195	500	990	800	900	625	480	620	520	825	615	520	410	395	450	525	410
70 000	240		1 050	950	1 050	750	600	710	600	950	710	600	525	452	550	600	510
80 000	270		1 200	1 150	1 200	860	700	800	690	1 060	800	700	600	490	600	650	590
90 000	315		1 370	1 320	1 340	960	850	890	790	1 180	910	800	700	545	665	725	670
100 000	340		1 540	1 500	1 540	1 080	1 000	975	900	1 300	1 050	925	800	585	750	780	760
120 000	415		1 920	1 900	1 890		1 280		1 159		1 500		970	710	915	950	980

TABLEAU II.

Installations extérieures H. T. à courant alternatif. Distances à observer entre les différentes parties des installations.

TENSION nominale de service.	DISTANCES d'éclatement entre pointes dans l'air.	TRAJET d'amorçage d'arc sur isolateurs type extérieur d'après Ohio-Brass.		DISTANCES ENTRE CONDUCTEURS									Dist. entre conduct. et terre.			
				entre axes des barres omnibus.		entre axes des entrées de poste.	entre les parties les plus rapprochées des pièces sous tension.		entre axes des conducteurs.				entre pièces sous tension et terre.		entre axes des conducteurs et terre.	
		à sec.	sous pluie.	Samuels.	Courbes C.F.T.H. 1921.	Courbes C.F.T.H. 1921.	Samuels.	Courbes C.F.T.H. 1919	Elektr. Kraft-bétriebe.	G.E.Co	Courbes C.F.T.H. 1919.	Courbes C.F.T.H. 1921.	Samuels.	Courbes C.F.T.H. 1919.	Courbes C.S.T.H. 1919.	Courbes C.F.T.H. 1921.
en volts.	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm	en mm
7 500	15	110	70	470	450	400	370	315	520	920	420	400	180	262	330	160
15 000	26	150	80	600	600	470	550	450	620	1 200	600	510	220	345	460	210
25 000	60	200	110	850	790	650	740	620	800	1 240	820	680	280	435	580	275
30 000	80	220	150	980	890	710	850	720	900	1 450	950	780	320	483	650	310
35 000	100	250	150	1 050	1 000	790	950	800	980	1 500	1 060	880	350	540	720	350
40 000	125	280	170	1 200	1 120	870	1 050	900	1 100	1 710	1 180	990	400	580	780	380
45 000	140	310	190	1 350	1 240	950	1 150	980	1 250	1 820	1 300	1 100	440	650	840	425
50 000	160	340	210	1 450	1 360	1 040	1 250	1 080	1 370	1 950	1 420	1 200	480	700	940	465
55 000	175	375	230	1 550	1 490	1 150	1 320	1 150	1 500	2 120	1 540	1 300	520	750	1 000	510
60 000	195	410	250	1 700	1 620	1 260	1 450	1 250	1 620	2 200	1 650	1 420	560	800	1 060	550
75 000	255	520	320	2 050	2 000	1 500	1 750	1 500	2 000	2 550	2 000	1 760	700	960	1 280	700
90 000	315	640	410	2 450	2 450	1 800	2 000	1 780	2 400	2 900	2 380	2 150	860	1 100	1 470	960
100 000	340	750	480	2 650	2 720	2 050	2 200	1 950	2 650		2 600	2 420	1 000	1 220	1 620	990
120 000	415	950	600	3 100	3 570	2 550	2 600					3 000	1 300	1 400	1 880	1 290

En principe, on peut admettre que pour les installations à haute tension, la question de tension est à peu près la seule à envisager, tandis que pour celles à basse tension c'est l'effort électromagnétique dont on doit le plus se préoccuper.

Bien que ces deux considérations puissent ne pas toujours être indépendantes, mais coexister, nous ne traiterons ici que la question des distances à observer entre les différents éléments des installations, en fonction de la tension, nous réservant d'examiner la seconde dans un autre article.

A notre connaissance tout au moins, il n'existe aucun

Digitized by Google

document français à caractère officiel relatif à ce que nous appellerons « La loi des distances », c'est-à-dire prescrivant les écartements normaux à adopter entre parties d'installations, suivant la tension de service.

En tout cas, les règlements officiels actuels ne donnant sur ce point que de vagues recommandations, telles que celles des arrêtés ministériels(1), les techniciens d'installation ont bien été obligés de se faire une religion et d'en éditer le catéchisme.

En extrapolant les normes dont ils faisaient usage pour les basses ou moyennes tensions, puis ensuite en s'étayant autant sur les essais effectués de différents côtés que sur les résultats d'exploitation d'installations, ils ont respectivement adopté des valeurs pratiques plus ou moins concordantes.

En effet, l'installateur doit tâcher de concilier deux choses qui, en principe, s'opposent : *la plus grande sécurité pour le moindre prix*.

Or, la sécurité est une question de relativité pour laquelle on est en droit de se demander quel en est le critérium.

De plus, ici, comme dans la plupart des questions techniques, il existe de nombreux cas d'espèces.

C'est ainsi, par exemple que, pour une installation de poste électrique important, commandant une distribution publique, le coefficient de sécurité doit être plus grand que pour un poste secondaire d'alimentation particulière. D'autre part, la situation sur le réseau, l'importance de la distribution, ses caractéristiques (souterraines ou aériennes), etc..., nécessitent des coefficients de sécurité différents.

Néanmoins, comme la plupart des conditions ne peuvent pas être facilement définies *a priori*, il a bien fallu, pour déterminer les dispositions et dimensions d'installations à haute tension, se donner certaines règles ou, autrement dit, admettre des valeurs que la pratique paraissait indiquer comme rationnelles.

Données de 1919. — C'est ainsi que, dans une série d'articles relatifs aux grands postes électriques, à haute tension, publiés par la *Revue Générale d'Electricité*, se trouvent des courbes concernant les valeurs que nous adoptions déjà à cette époque, depuis de nombreuses années, pour les distances entre les différents éléments d'installation des postes électriques établis à l'intérieur ou à l'extérieur des locaux (1). Les données nous ayant servi de règles pendant longtemps, nous avons, sous leur égide, réalisé plus de 300 postes électriques de toutes puissances et de tensions comprises entre 7500 et 70 000 v sans qu'aucun incident se soit manifesté du fait des

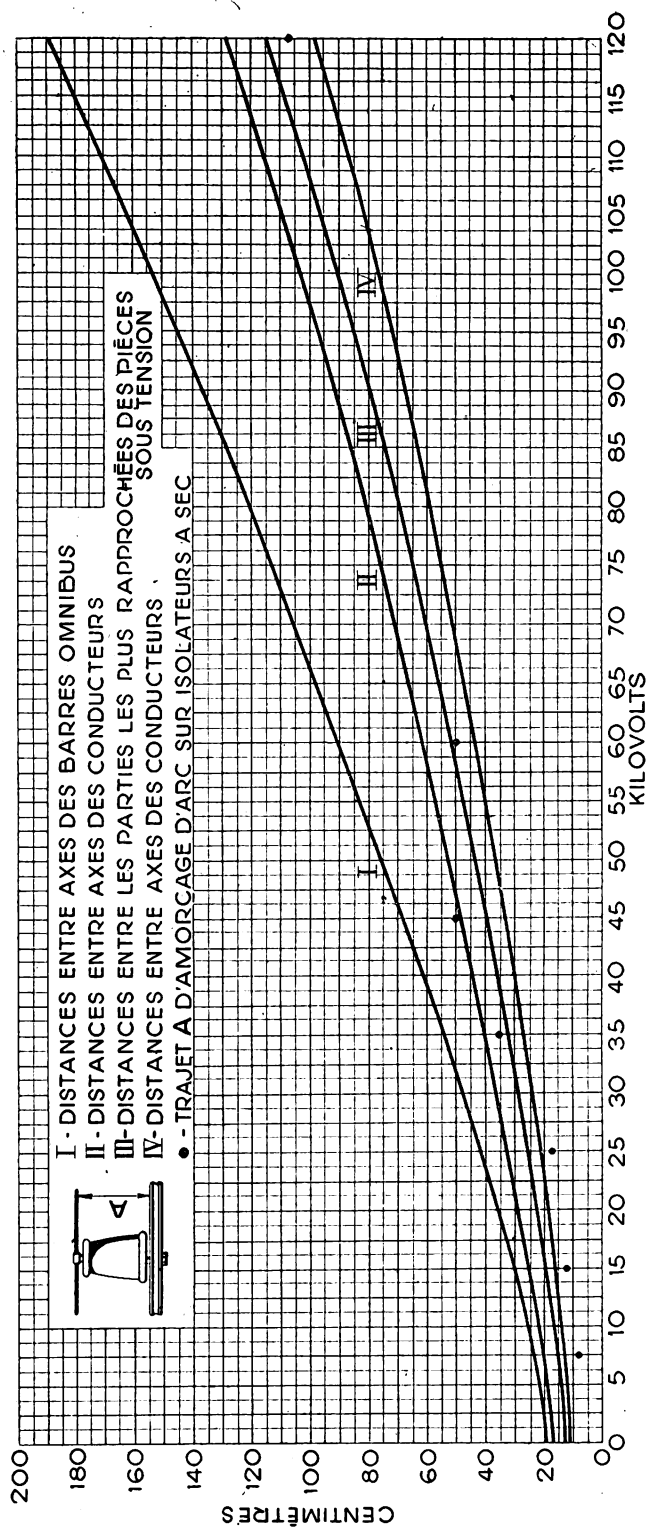


Fig. 1. — *Installations intérieures à courant alternatif.* Distances à observer entre différentes parties des installations. (Données de 1921.)

(1) L'arrêté ministériel du 30 avril 1924, article 15, paragraphe 1er, dit :

« A l'intérieur des sous-stations et postes de transformation, les « canalisations nues de deuxième catégorie doivent être convena- « blement espacées et écartées des masses métalliques ».

(1) « Les grands postes électriques à courant alternatif », A. Hayet, *R. G. E.* 30 août. 9 et 13 septembre 1919.

Digitized by Google

distances adoptées entre éléments ou entre ceux-ci et la masse ou terre (1).

Données de 1921. — Nous eussions donc été en droit de ne pas changer de loi si des considérations d'ordre économique ne nous eussent amenés en 1921 à reviser nos normes, qui conduisaient à des espacements plus importants que la moyenne de ceux généralement adoptés en Europe.

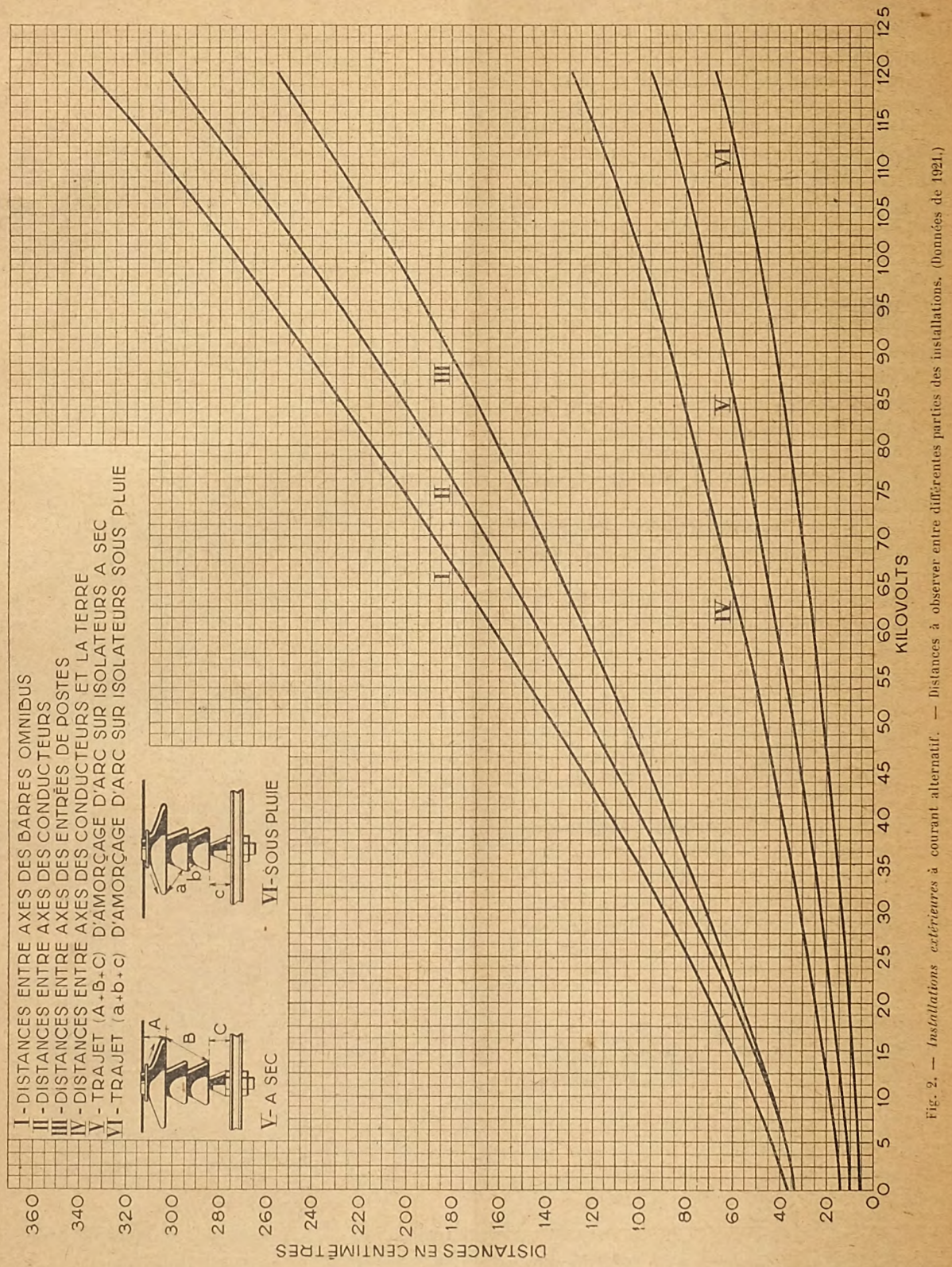


Fig. 2. — *Installations extérieures à courant alternatif.* — Distances à observer entre différentes parties des installations. (Données de 1921.)

(1) Dans le cours de cet article, les termes « masse » ou « terre » doivent être considérés comme identiques.

Digitized by Google

Comme à cette époque, nous possédions une certaine documentation (1) sur le sujet, nous pûmes en comparer les différentes données qui sont rapprochées dans les tableaux I et II ci-contre.

Ayant traduit en courbes les valeurs des tableaux précédents, nous en dégageâmes des courbes moyennes qui sont celles représentées par les figures 1 et 2. Ces courbes nous ont servi de base, depuis 1921, jusqu'à ce jour, pour la réalisation de très nombreuses installations de postes électriques de toutes tensions, comprises entre 7500 et 75 000 v, installations qui, malgré des distances plus réduites que celles adoptées antérieurement à 1921, n'ont donné lieu à aucun amorçage d'arc consécutif à des surtensions.

Nous pourrions donc prétendre posséder la bonne formule et la conserver si, d'une part, la documentation recueillie depuis 1921, et, d'autre part, de nouvelles considérations, ne nous faisaient un devoir de reviser des barèmes dont nous nous sommes servis jusqu'à ce jour

Données de 1926. — « La loi des distances » elle-même serait assez facile à formuler au point de vue théorique, mais, pratiquement parlant, le problème se complique du fait de diverses considérations dont les deux principales à retenir sont :

1° celle à base économique qui a pour objectif la recherche de la moindre dépense, c'est-à-dire le minimum d'encombrement de l'installation;

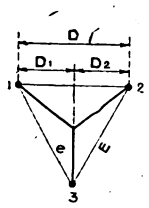


Fig. 4.

2° celle d'ordre technique qui tend vers le maximum de sécurité et, par suite, conduit aux distances les plus grandes possibles entre éléments de l'installation.

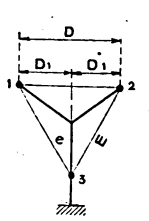


Fig. 5.

Considération économique. — Comme nous l'avons déjà dit précédemment, l'installateur Français, tout au moins, est obligé de tenir compte, du point de vue économique relatif aux constructions des bâtiments de postes intérieurs ou charpentes métalliques des postes extérieurs et des valeurs des terrains d'emplacement de ces édifications. Cette considération, qui, au pays des dollars, n'est pas à la même échelle que chez nous, donne aux Américains des latitudes qu'expliquent les énormes coefficients de sécurité adoptés par ceux-ci dans leurs installations en général.

Considération technique. — Du point de vue technique, il ne fait pas doute que la seule condition régissant les distances est le coefficient de sécurité; toutefois, on se demande quelle valeur doit avoir ce coefficient et sur quelle base il doit être déterminé?

Avant de répondre à ces deux dernières questions et par suite présenter une doctrine en cette matière, il convient d'indiquer les principes adoptés, de façon plus ou moins générale, par les installateurs Européens et Américains en matière de distance entre éléments d'installation à haute tension (1).

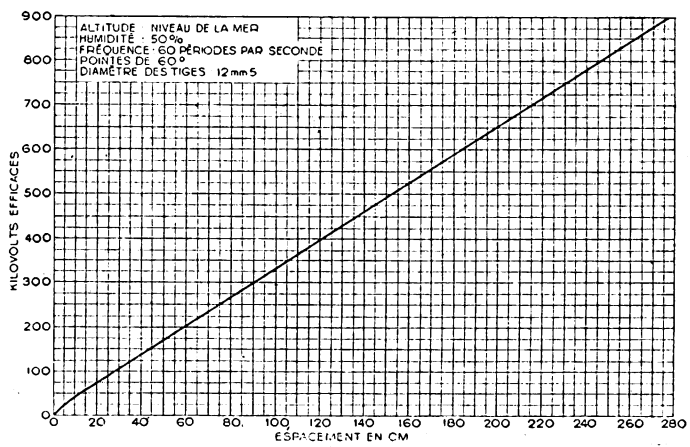


Fig. 3.

Courbe moyenne d'après Peek des tensions disruptives entre pointes dans l'air en fonction de l'espacement.

Une des règles adoptées consiste à prendre comme distance d'entre axes des éléments divers (appareils conducteurs, etc...), celle existant entre les bornes des interrupteurs à huile, sauf quand l'écartement de ces dernières est inférieur à une valeur minimum qui, pour les installations à haute tension, constitue une constante ou limite inférieure au-dessous de laquelle on ne descend généralement pas. Cette limite serait, suivant l'expression assez imagée d'un de nos collègues, la distance du rat pour les installations intérieures, et du corbeau pour celles extérieures.

Ces deux étalons étant pris arbitrairement, car en fait d'animaux intérieurs, les chats sont plus gros que les rats et pour l'extérieur les vautours ou les aigles ont plus d'envergure que les corbeaux, on ne sait trop quel critérium adopter.

On se rend compte à quelles fantaisies empiriques conduisent des bases aussi frágiles que celles que nous venons d'indiquer.

Nous allons donc essayer d'étayer une doctrine un peu plus technique que celles résultant des dimensions d'animaux.

Suposons, pour un instant, qu'on adopte comme base de départ la distance d'éclatement dans l'air entre

(1) Données de la The Ohio Brass C° de Mastield, Ohio U. S. A.
Données de la General Electric C°. Schenectday U. S. A.
Article de Samuels. *R. G. E.* Juin 1917. Extrait de *The Elcetrician*. de février 1917.
Cours de M. Drouin, à l'Ecole supérieure d'Électricité, 1920.
Normes précédemment adoptées par l'auteur jusqu'au début de 1921 et qui constituaient déjà une moyenne de données antérieures.

(1) Il s'agit ici plus particulièrement des installations de postes électriques aussi bien intérieurs qu'extérieurs,

Digitized by Google

pointes, pour des courants alternatifs de fréquence industrielle.

Comme à ce sujet les données fournies par différents auteurs ne sont pas rigoureusement identiques, nous adopterons celles indiquées par Peek, qui nous paraît être un des techniciens les plus autorisés en la matière et prendrons les valeurs correspondant à 50 pour 100 d'humidité, altitude du niveau de la mer et fréquence du courant 60 per : sec (voir fig. 5).

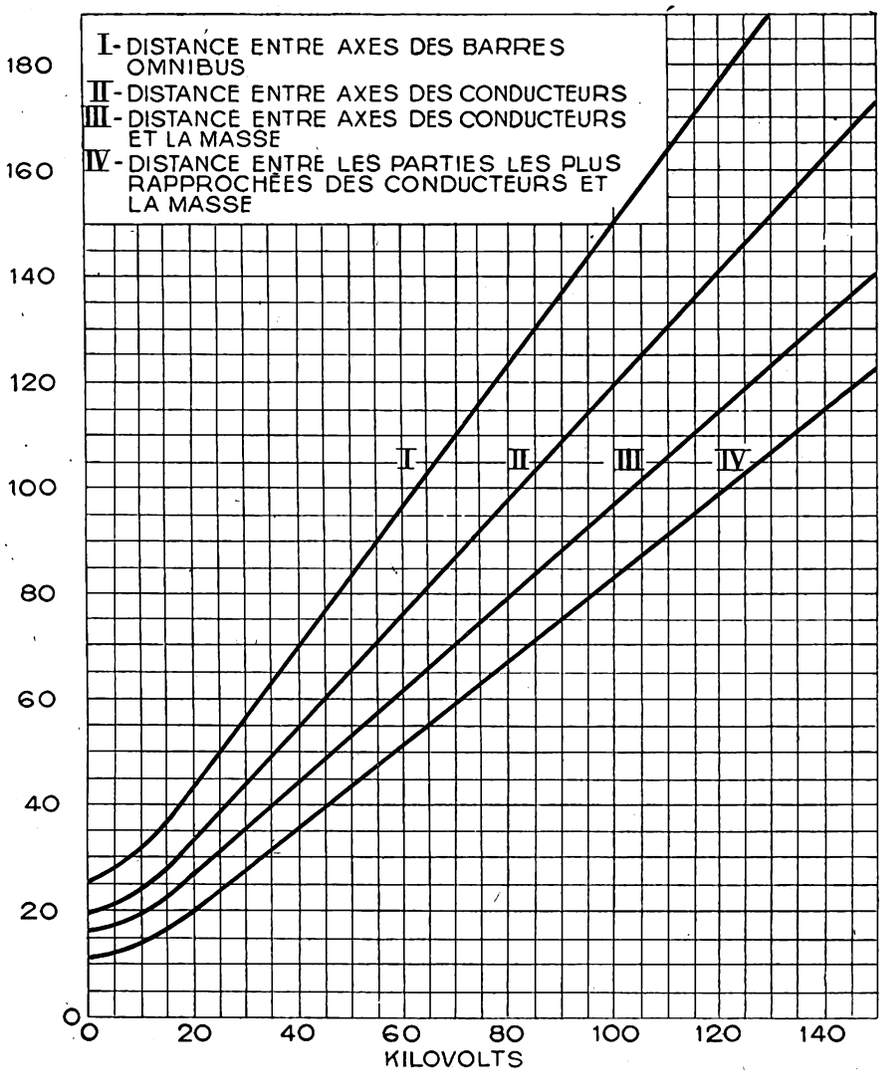


Fig. 6.
Installations intérieures à haute tension à courant alternatif triphasé.
Distances à observer entre les différentes parties des installations.
(Etude 1926.)

Ceci posé, il convient d'envisager comment se comporte la décharge disruptive entre conducteurs ou partie d'installation sous tension et entre ceux-ci et la terre ou masse.

Pour nous placer dans les conditions les plus défavorables, nous prendrons les valeurs des tensions d'amorçage entre pointes qui, pour des écartements de 20 cm à 2 m, sont d'environ 3,3 kv efficaces par cm.

Pour tenir compte des données de Peek relatives aux amorçages d'arc en triphasé, nous calculerons la tension d'amorçage d'arc entre deux pièces conductrices en considérant la tension simple et en fonction de la 1/2 distance entre conducteurs.

Pratiquement, la distance par rapport à la masse sera déduite des caractéristiques du type d'isolateur choisi et les données du problème seront les suivantes :

d) Distance disruptive dans l'air, entre pièces conductrices en masse, résultant des caractéristiques des isolateurs.

D) distance entre pièces conductrices.

$D^1) = \frac{D}{2}$ demi-distance entre pièces conductrices.

E) tension composée.

e) tension simple.

D'une façon générale, les coefficients de sécurité entre pièces conductrices et entre celles-ci et la masse seront égaux lorsque les rapports entre les écartements et les potentiels envisagés seront égaux, puisque nous avons admis une valeur constante de 3,3 kv par cm pour les tensions d'amorçage.

Pour fixer les idées, nous envisagerons deux cas particuliers relatifs à un réseau triphasé.

1er *Cas.* — 3 conducteurs également bien isolés (potentiel entre neutre et terre = 0) (fig. 4).

En tenant compte des considérations ci-dessus, nous aurons :

$$\frac{d}{e} = \frac{D_1}{e} = \frac{\frac{D}{2}}{e}$$

d'où :

$$D = 2d.$$

Ce serait la condition à adopter pour le cas du neutre mis en permanence à la terre, mais dans ce cas particulier, le type d'isolateur pourrait être déterminé en prenant la tension simple comme tension normale et l'écar-

Digitized by Google

tement entre conducteurs serait très sensiblement égal, pour une même tension composée, à celui que nous fixons plus loin pour du triphasé neutre isolé.

2me *Cas.* — Un conducteur accidentellement à la terre potentiel du neutre au potentiel *e*) (fig. 5).

Dans ce cas, le potentiel des pièces conductrices 1 et 2 par rapport à la terre sera *E* et nous déterminerons l'écartement à adopter entre ces mêmes conducteurs en appliquant la formule suivante

$$\frac{D}{d} = \frac{D_1}{e} = \frac{2}{e}$$

$$D = \frac{2de}{E} = \frac{2d}{\sqrt{3}} = d \times 1{,}15.$$

Il sera donc nécessaire, dans le cas du triphasé avec neutre isolé, que l'écartement entre pièces conductrices soit au moins supérieur de 15 pour 100 à la distance par rapport à la masse, mais il ne paraît pas utile d'adopter un coefficient bien supérieur à 1,15, car les surtensions les plus dangereuses se produisent lorsqu'un conducteur est mis accidentellement à la terre ou lorsque, par suite de phénomènes atmosphériques, le potentiel des conducteurs par rapport à la terre se trouve porté à une valeur dépassant sensiblement la valeur normale; or, dans ces deux éventualités, l'isolateur sera le point faible de l'installation à condition d'adopter, pour la distance, un coefficient de sécurité un peu plus grand que celui donné par le type d'isolateur.

Détermination de la valeur de d — distance résultant du type d'isolateur employé. — Pour déterminer cette distance, on pourrait mesurer le trajet d'arc à sec le plus direct sur les isolateurs, mais, outre que cette méthode donnerait des valeurs inexactes, particulièrement pour certains types d'isolateurs tels que ceux d'extérieur, nous considérons qu'il est plus rationnel de prendre comme base la tension d'amorçage d'arc sur les isolateurs.

Cette distance est égale à :

$$\frac{\textit{Tension d'amorçage d'arc à sec en kv}}{3{,}3 \text{ kv}}$$

mais cette formule donnera, pour l'écartement entre conducteurs et masse, un coefficient de sécurité très voisin de celui résultant du type d'isolateur employé et, par mesure de sécurité, nous adopterons une tension d'amorçage d'arc de 5 pour 100 supérieure à celle réelle, ce qui donnera :

$$d = \frac{\textit{Tension d'amorçage d'arc à sec en kv} \times 1{,}05 \textit{ cm.}}{3{,}3}$$

Détermination de la valeur de D — distance entre pièces conductrices. — Nous avons indiqué que la valeur de *D* devrait être au moins de 1,15 d.

Pour tenir une certaine marge de sécurité, nous adopterons un coefficient 1,20 au lieu de 1,15, ce qui donnera : $D = 1{,}20\,d.$

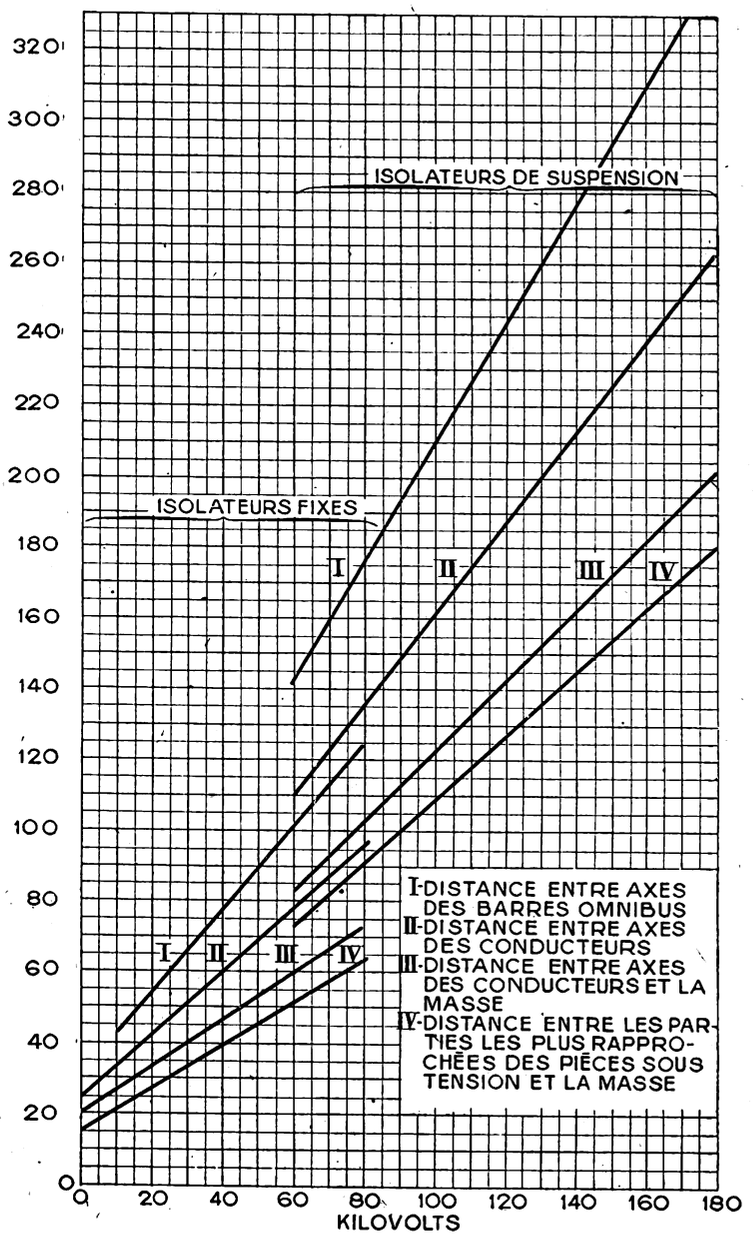


Fig. 7.

Installations extérieures à haute tension à courant alternatif triphasé. Distances à observer entre les différentes parties des installations. (Etude 1926.)

Les valeurs *d* et *D* qui se rapportent aux parties les plus rapprochées des pièces sous tension nous serviront de base pour tracer d'autres courbes ayant une utilité pratique, comme la distance entre axes des conducteurs et la distance entre axes des barres omnibus.

Digitized by Google

Conclusions. — En fin de compte, bien qu'en matière d'installation et particulièrement quand il s'agit de la haute tension, des cas d'espèces soient fréquents, il est cependant utile d'avoir une sorte de critérium servant de guide général pour faciliter d'abord les prédéterminations rapides ou d'avant-projets et ensuite servir de base dans tous les cas normaux.

C'est dans ce but qu'ont été établies les courbes des distances pratiques représentées par les figures 6 et 7.

A. Hayet et Redon.
Ingénieurs.

LES MICANITES ET L'UTILITÉ POUR LEUR FABRICATION DANS LE GLYPTAL ET LES RÉSINES EN DÉRIVANT

On sait combien les produits de condensation des phénols ont évolué depuis les travaux effectués en tous pays, par A. Baeyer en 1872, par Arthur Smith en 1899 et par le Dr L. H. Baekeland en 1909, etc....

I. — Les Bakélites A et B.

Sous le nom de *Bakélite*, l'industrie utilise des produits de condensation obtenus par mélange du *phénol* avec la *formaldéhyde*, mélange qu'on chauffe, dans un récipient approprié, en présence d'une petite quantité d'acide agissant comme catalyseur.

Ce traitement, bien conduit, donne lieu à une réaction assez violente qui a pour effet d'éliminer l'eau de constitution et d'en séparer un liquide huileux dont on poursuit le chauffage.

A cette seconde phase de la fabrication, on constate un épaississement graduel du liquide, épaississement qui continue jusqu'à ce qu'il prenne l'apparence d'une résine ou d'une colophane de couleur sombre, cassante, fusible et soluble dans l'alcool et dans nombre d'autres solvants.

A cette phase de la fabrication on obtient la bakélite A (appelée « novaloc » aux États-Unis où se sont faits les travaux de Baekeland).

Ce qui a donné une importance particulière aux travaux de Baekeland, c'est la constatation que, en remplaçant le catalyseur acide par un alcalin comme la soude ou l'ammoniaque, il était possible de produire une résine totalement différente de la précédente, résine fusible et soluble, et qu'on a appelée bakélite B.

La bakélite B, qui fournit tant d'isolants moulés ou en feuilles, tant d'isolants de choix et de pièces détachées de toute nature, qui se colore de tant de façons attrayantes pour fournir des motifs d'ornement, etc..., etc .., a aujourd'hui pris une place importante dans l'industrie.

Elle est si représentative des résines synthétiques qu'on ne trouve encore, sur les travaux de même genre qui ont suivi ceux de Baekeland sur la bakélite, aucune indication susceptible d'en faire apprécier la haute valeur scientifique et industrielle.

II. — Les résines glyptal.

Dans la *General Electric Review* de novembre 1926, M. Lawrence E. Barringer comble cette lacune en indiquant les travaux auxquels a donné lieu, depuis 1910, une résine synthétique dérivée, non plus des *phénols* et de la *formaldéhyde*, mais de la *glycérine* et de l'*Anhydride Phthalique*.

Les applications de ce produit sont devenues telles, aux États-Unis, à la suite des recherches et de la mise au point faites à Schenectady par la General Electric Cº, qu'il n'est plus permis d'ignorer aujourd'hui ni l'anhydride Phthalique, ni la résine synthétique, analogue à la bakélite qu'on a tirée sous le nom de *Glyptal*.

D'Amérique nous viennent, avec des produits divers, parfois marqués d'une recherche de sensationnel, des noms dont la justification nous est souvent refusée faute d'indications étymologiques. C'est ainsi que nous avons dû, par nos propres moyens, nous expliquer le nom de Tungar, donné aux redresseurs bien connus de la General Electric Cº TUNGStène composant le cathode et ARgon remplissant l'ampoule. De même Glyptal s'explique par l'utilisation assez libre des radicaux, d'ailleurs altérés arbitrairement, des deux corps constituant la GLYcérine et l'anhydride PhThaLique.

On voit que l'étymologie s'explique assez laborieusement, et qu'il faut être reconnaissant à M. Lawrence E. Barringer de l'avoir révélée dans l'article dont nous allons sommairement analyser les principaux passages.

L'anhydride Phthalique était, il y a quelques années, une simple curiosité à l'usage des amateurs de chimie. On le vendait alors 10 à 12 dollars le kg, et on n'avait pas un intérêt particulier à le fabriquer et à le livrer au commerce.

On pouvait, cependant, l'obtenir assez simplement en faisant passer des vapeurs de naphtaline, en mélange avec de l'air, sur des acides vanadiques ou molybdyques, jouant le rôle de catalysant : sous leur action, la naphtaline emprun ait de l'oxygène à l'air, et s'oxydait en formant un composé organique lourd susceptible de fournir un intermédiaire conduisant facilement à la fabrication de matières colorantes encore assez coûteuses (1 dollar environ les 2 kg).

L'anhydride Phthalique ainsi obtenu, par l'oxydation de la naphtaline, est sous forme de cristaux clairs fondant facilement à 130° C. Il a été étudié, aux laboratoires de recherches de la General Electric Cº, par MM. Callahan, Arsèm et Dawson et par MM. Lawrence et E. Barringer et Charles F. Peterson, avec une telle persévérence qu'on lui a trouvé, aujourd'hui, d'intéressantes applications.

Pour quelque temps encore, après sa fabrication à la G. E. Cº, le Glyptal est resté à l'état de produit de labo-

Digitized by Google

ratoire, mais l'exemple de la bakélite B longtemps considérée comme une curiosité inutilisable par suite de l'impossibilité de la dissoudre ou de la fondre, a sans doute encouragé les recherches d'applications, et elles n'ont pas tardé à se révéler particulièrement intéressantes, d'autant plue que l'état B de la bakélite du commerce n'a pas de correspondant pour le glyptal.

III. — La Bakélite convient pour les moulages, le glyptal est l'agglomérant et le revêtement le plus adhérent qu'on connaisse.

Les essais de substitution du glyptal à la bakélite dans les applications ordinaires de celle-ci ont conduit à constater que la substitution de la résine tirée de la glycérine à résine tirée du phénol n'était pas nécessairement économique et susceptible de conduire à des résultats rapides. Il fallait, en effet, plus de temps pour durcir cette résine qu'il n'en fallait pour la bakélite, et M. Lawrence E. Barringer considère qu'on peut s'en tenir à la bakélite comme isolant moulé de premier choix et que ce n'est pas une application qu'on doive réserver au glyptal.

Une de ses propriétés précieuses est sa parfaite adhérence à toutes les surfaces, si glissantes et si polies qu'elles soient. Or, ce n'est pas chose facile de couvrir d'un revêtement bien adhérent le verre, la porcelaine, le laiton, le mica.

La fabrication des micanites, lentement mise au point depuis 34 ans, ne va pas sans difficultés si l'on emploie les agglomérants ordinaires, parmi lesquels la gomme-laque est le plus souvent employée. Comme agglomérant pour le mica, le glyptal offre les propriétés plus remarquables, alors que la bakélite est impropre à la fabrication des micanites, du fait qu'elle ne mouille pas le mica, et qu'elle ne l'agglomère pas en prenant corps lorsqu'on pratique, à partir du phénol et de la formalkéhyde, les traitements dus à Baekeland et rappelés plus haut.

Sans insister davantage sur ce problème important de la fabrication des micanites, il convient de faire remarquer que le *Glyptal est l'agglomérant parfait pour cette fabrication, parce qu'elle mouille parfaitement les lamelles de mica, et qu'en les liant intimement entre elles, il n'altère en rien les propriétés qu'on reconnait au mica et qu'on désire retrouver dans les micanites de qualité*, par exemple dans celles qu'on utilise à l'isolement d'appareils à haute tension, à celui des lames de collecteurs, les propriétés désirées sont les plus variées, car, non seulement la résistance électrique, mais la résistance mécanique sont nécessaires, et au point de vue électrique, les pertes diélectriques, la résistivité en surface, le minimum d'altérabilité sous l'action des agents de décomposition de toute nature sont autant de conditions importantes que doivent remplir les micanites. L'expérience a démontré qu'elles les remplissaient parfaitement si on substituait, à la gomme-laque utilisée jusqu'ici comme agglomérant, le glyptal résultant des procédés de fabrication mis au point aux laboratoires de la G. E. Cº. Il n'y a pas lieu d'insister ici sur ces procédés et il suffit d'indiquer sommairement les *principales propriétés du glyptal et des micanites agglomérées au moyen du glyptal.*

IV. — Propriétés physiques.

Si on représente la *densité* des micanites à la gomme-laque par 100, les micanites au glyptal ont une densité égale à 107.

Si on représente par 100 la *résistance mécanique transversale* d'une lamelle de micanite à la gomme-laque, on constate que les micanites au glyptal atteignent des résistances de 150 à 200.

La *résistance à l'abrasion* est la même pour les deux types de micanites que pour le mica.

La *transparence*, légère pour les micanites à la gomme-laque, est au contraire considérable pour les micanites au glyptal.

La *compressibilité* est légère pour les deux sortes de micanites.

L'*agglomération* se fait plus difficilement par la gomme-laque que par le glyptal, le mica pouvant glisser avec la première, alors que l'adhérence est parfaite avec le second.

V. — Propriétés chimiques.

Les micanites à la gomme-laque résistent assez bien aux altérations, et en général n'agissent pas comme agent d'altération vis-à-vis des autres corps. Cependant, il est extrêmement important de noter que *les produits de décomposition que la micanite à la gomme-laque attaquent le cuivre, et que la micanite au glyptal est sans effet sur le cuivre.*

Cette décomposition peut se produire par carbonisation, mais cette carbonisation très marquée avec la micanite à la gomme-laque l'est au contraire très peu avec la micanite au Glyptal.

Enfin, une *des importantes propriétés des produits de décomposition de la micanite au Glyptal, c'est le fait que ces produits ne sont pas conducteurs, alors que la micanite à la gomme-laque donne lieu à des produits de décomposition conducteurs* (*ce qui est particulièrement redoutable en cas de coup de feu à un collecteur, ou d'intervention d'un agent quelconque de décompositiou sur les micanites servant d'isolant électrique*).

La *chaleur* a en effet marqué sur la micanite à la gomme-laque et un effet à peu près imperceptible sur la micanite au glyptal.

L'*humidité*, qui a peu d'effet sur la micanite à la gomme-laque, en a encore moins sur la micanite au glyptal.

Enfin, les *huiles minérales* sont indifférentes à l'une et à l'autre des micanites.

Digitized by Google

VI. — Propriétés électriques.

Si on désigne par 100 la *résistance diélectrique* de la micanite à la gomme-laque, la micanite au glyptal a une résistance diélectrique de 110 à 160.

La *résistivité* de la micanite à la gomme laque étant de 100, la micanite au glyptal a une *résistivité volumétrique* 200.

La *résistivité en surface* n'est pas seulement doublée, mais quadruplée en faveur du glyptal.

Les *pertes diélectriques* de puissance sont réduites de 54 pour 100 en faveur du glyptal.

VII. — Applications actuelles.

Déjà, la G. E. C° fait une application considérable des micanites au glyptal pour la fabrication des lamelles isolantes des collecteurs, pour l'établissement de tubes, de cylindres et de cônes isolants de transformateurs, l'établissement des rondelles, plaques, feuilles, etc..., de toutes formes, utilisées comme isolants quelconques.

On isole à la micanite au glyptal les rhéostats, les bobines d'induits à haute tension, celles des transformateurs, les appareils de chauffage, les condensateurs, les porte-balais et un certain nombre d'appareils de radio.

Dans la plupart de ces applications se révèlent les précieuses propriétés signalées ci-dessus.

L'expérience des avantages des micanites au glyptal n'est pas d'hier, car il y a plusieurs années que, progressivement, le produit a trouvé, dans les fabrications de la G. E. C°, les applications que M. Lawrence E. Barringer signale brièvement.

Nous ne reproduirons pas les commentaires qu'il consacre à certains essais et à certaines manifestations des qualités des micanites au glyptal employées à la fabrication des lamelles de collecteurs ou d'autres isolants électriques.

Pour les collecteurs, il est cependant intéressant de signaler que les coups de feu qui surviennent à la surface des cylindres collecteurs y laissent beaucoup moins de produits charbonneux, et que, par conséquent, les fuites superficielles sont beaucoup moindres et la résistivité bien meilleure.

VIII. — Avantages généraux du glyptal.

Si, malgré leur inaptitude à agglomérer les micas, les résines phénoliques ou bakélites étaient substituées à la résine glycérique au glyptal, des coups de feu laisseraient des traces de carbonisation beaucoup plus marquées et des dépôts beaucoup plus adhérents. Ces dépôts seraient même plus adhérents avec la bakélite qu'avec la gomme-laque.

Une expérience qui prouve parfaitement l'insensibilité du glyptal aux coups de feu est l'expérience d'inflammation qui consiste à allumer une mince pellicule de glyptal avec une flamme suffisamment chaude. On constate qu'elle s'évapore et que les produits de la combustion disparaissent comme le ferait de l'alcool porté à haute température. Si on soumet à la même expérience une mince lamelle de bakélite ou de gomme-laque, on trouve toujours des produits carbonisés de décomposition, dont l'effet superficiel est très défavorable à l'isolement.

Pour expliquer le fâcheux effet des produits de décomposition sur le cuivre, il suffit d'envisager les produits de décomposition qu'on obtient en traitant à températures élevées les corps ci-dessus : on a vu qu'à cet égard *un avantage important du glyptal était de donner lieu à des produits non conducteurs, alors que les produits de décomposition initiale de la gomme-laque et de la bakélite sont conducteurs.*

Un autre avantage important des micanites au glyptal est la *possibilité de les usiner, de les presser, cisailler, tourner aussi* facilement que les micanites à la gomme-laque.

Au contraire, il serait évidemment impossible, avec la bakélite à l'état B, de retoucher ou d'usiner d'une façon quelconque les pièces obtenues.

Non seulement les micanites au glyptal se prêtent à la fabrication de pièces massives et rigides, mais encore à la fabrication des pièces les plus légères et les plus minces, les plus ténues, les plus flexibles. C'est ainsi qu'on *peut faire des lamelles minces de micanite, des rubans de micanite,* etc..., *le glypal donnant sa souplesse et sa flexibilité aux micanites, qui, par leur nature, ne se prêtaient pas à prendre toutes les formes désirées ci-dessus.*

IX. — Articles de brosserie, de papeterie, nouveautés en glyptal.

Enfin, la série des applications serait incomplète si le glyptal n'avait pas, comme la bakélite, la faculté de se colorer et de se prêter à la fabrication d'articles comme ceux qui sont obtenus par les fabricants de bakélite, de galalithe et plus récemment de sicalite On les emploie en brosserie, en papeterie, pour les plumes, crayons, porte-cigares, porte-cigarettes, perles, etc....

La résistance à l'usure, la permanence des propriétés et la belle coloration du glyptal lui permettent de se prêter particulièrement bien à la fabrication de nombreux articles de nouveauté, dont les couleurs vont du brun éblouissant à l'améthyste, au jade, brun orange, etc.... Ces articles offrent une forte résistance aux chocs, ils n'ont pas tendance à se briser et ils prennent et conservent un poli parfait.

Enfin, sous forme de vernis, le glyptal offre l'avantage d'adhérer parfaitement à toute surface, si polie qu'elle soit.

L. J.

Digitized by Google

LA PROTECTION CONTRE L'INCENDIE DES GÉNÉRATEURS MUS PAR TURBINES HYDRAULIQUES

On a vu par ailleurs (M. F. Liebscher, *Siemens Zeitschrift* de septembre et *Electrical World* du 6 novembre) les conclusions des essais faits en Allemagne sur l'utilisation du gaz carbonique pour la protection des machines électriques de grande puissance.

Aux États-Unis, où les mêmes questions ont été étudiées, on n'est pas, jusqu'ici, arrivé aux mêmes conclusions, et on ne s'est effrayé ni de l'injection d'eau, ni des jets de vapeur, malgré les effets fâcheux qu'ils pourraient avoir sur les enroulements au cas où on en ferait un usage excessif.

Ayant à faire choix d'un système de protection d'un nouvel alternateur de 65000 kv-a du Niagara Falls Power Cº contre les dangers d'incendie, on a donné la préférence à l'injection d'eau, et M. M. J. A. Johnson et E. J. Burnham, ingénieurs de la General Electric Cº, ont exposé au Congrès de septembre de Salt Lake City, de l'American Institute of El. Engineers, les raisons de la préférence donnée à l'injection d'eau, les moyens employés pour la réaliser et les résultats qu'on en attend.

La *General Electric Review* de novembre publie, sous la plume des mêmes auteurs, de larges extraits de la communication faite à l'A. I. E. E.

Dans le cas de l'alternateur du Niagara, les diamètres du rotor et du stator sont beaucoup plus développés qu'ils ne le sont dans les alternateurs mus par turbine à vapeur. D'autre part, leur construction est aérée, ouverte à l'air extérieur et par conséquent les machines ne comportent pas le système de ventilation qui aurait pu faciliter l'emploi d'une charge de gaz inerte : soit de l'hydrogène employé seul, soit du gaz carbonique mêlé à l'air, en proportion suffisante pour abaisser la proportion d'oxygène au-dessous de la limite strictement indispensable à l'entretien de la combustion. Enfin, la ventilation de la machine se fait naturellement par l'action des parties tournantes du rotor, de sorte qu'il eût été difficile, non seulement de confiner l'atmosphère intérieure des machines, mais encore d'y assurer une circulation convenant au but poursuivi. On a donc préféré adopter des dispositifs d'injection d'eau; et pour réduire les dommages pouvant résulter de cette injection en cas d'incendie, on a sectionné la machine par des parois convenablement disposées dans lesquelles a été fait un large usage d'amiante et de toile bakélisée.

On a également étudié de façon spéciale les emplacements et les dispositions données aux appareils d'injection, et, après une étude complète des conditions de lutte contre le feu, on recommande au personnel d'intervenir le plus tôt possible en se servant d'extincteurs à main : si on constate que le moyen est insuffisant, le personnel doit ouvrir seulement l'injecteur d'eau desservant la zone menacée par le feu de façon à réduire les détériorations au minimum. A. Z.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 31 janvier 1927.

Détermination du point isoélectrique de la laine et de la fibroïne de soie. Applications, par MM. L. Meunier et G. Rey.

Nous avons cherché à établir si l'étude des variations de gonflement de la laine et de la fibroïne avec la concentration en ions H était susceptible de situer, avec exactitude, la position du point isoélectrique de ces deux fibres.

La méthode que nous avons utilisée consiste à placer, à la température du laboratoire, des échantillons de 2 gr. de laine ou de soie décreusée, dans 100 cm³ de solutions-tampon, de pH variant de 1 à 10, jusqu'à ce que l'équilibre s'établisse, ce qui nécessite environ 40 heures. On détermine alors la valeur du pH de la solution à l'équilibre.

Les échantillons sont alors débarrassés complètement de l'eau d'interposition par une centrifugation de 5 minutes pour la laine, 15 minutes pour la fibroïne, dans des tubes fermés, à 2500 tours, avec un rayon de giration des échantillons correspondant à 14-15 cm. Nous utilisons, dans ce but, un dispositif déjà employé par L. Meunier et Chambard, pour la détermination du point isoélectrique du collagène déminéralisé (1). On obtient ainsi très facilement le poids de la fibre gonflée : en retranchant son poids sec à l'absolu, on en déduit le poids de l'eau mesurant son gonflement.

Les résultats obtenus sont résumés dans des courbes, établies en portant en abscisses les valeurs de pH à l'équilibre, et en ordonnées les gonflements correspondants.

Dans le cas de la laine, on a utilisé, d'une part, un filé de laine et, d'autre part, un tissu de laine, tous deux blanchis au soufre et lavés à fond à l'eau distillée, de telle sorte que leur chiffre de cendres était inférieur à 0,1 pour 100.

Pour la soie, nous avons utilisé une trame cuite également bien lavée à fond à l'eau distillée.

Les chiffres obtenus pour le tissu concordent parfaitement avec ceux obtenus pour le filé, ce qui affirme la correction de la méthode.

L'examen des courbes montre que :

1° Dans le cas de la laine, il existe un minimum de gonflement nettement accusé pour une valeur de pH égale à 5-6-5, 8.

2° Dans le cas de la fibroïne de soie, les variations du gonflement sont beaucoup moins accusées que dans le cas de la laine; la courbe est fortement aplatie; néanmoins, on peut situer le minimum de gonflement vers pH = 4,2.

3° Le gonflement des protéines étant la conséquence de la formation avec les acides, et les bases, de sels ionisables agissant sur leur pression osmotique interne, il faut donc conclure que si la laine possède un caractère amphotère nettement marqué, celui de la soie l'est beaucoup moins et sa capacité de fixation des acides et des bases est bien inférieure à celle de la laine.

4° La protéine-fibroïne étant moins sensible que la protéine de la laine aux variations de pH, il y a lieu de prévoir qu'elle renferme moins de groupements NH^2 et de groupements COOH

(1) *Journ. Soc. Leat. Trad. Chem.*, 9, 1925, p. 200.

Digitized by Google

susceptibles de se salifier. Pour vérifier ce point, nous avons modifié la méthode de Van Slyke (établie pour des protéines solubles) et nous l'avons appliquée au dosage de l'azote aminé dans la laine et la fibroïne. Nous avons obtenu, après une action de l'acide nitreux *limitée à 2 heures*, une moyenne de 0,20 pour 100 d'azote aminé dans le cas de la laine, et de 0,07 pour 100 dans le cas de la soie. La molécule de la fibroïne de la soie est donc une molécule plus fermée sur elle-même que la molécule de la kératine de la laine. Il suffit, d'ailleurs, d'observer la différence d'action de la quinone et des diastases hydrolysantes sur la laine et la soie, pour en trouver confirmation expérimentale.

5° L'examen de la courbe de gonflement de la laine permet de se rendre compte de la manière dont se manifestera le rétrécissement des filés et des tissus de laine lorsqu'ils seront travaillés dans des liqueurs de pH variables. Nous avons pu, d'ailleurs, nous assurer expérimentalement que, par foulage d'un tissu de laine, le minimum de rétrécissement et de feutrage avait lieu dans les liqueurs de pH correspondant à celui du point isoélectrique.

Séance du 7 février 1927.

Contribution à l'étude de la matière fulminante. Décomposition spontanée et sans bruit sensible de certains éclairs sphériques de grand diamètre, par E. MATHIAS.

Dans mes Notes antérieures *sur la matière fulminante* (1), j'ai expliqué les principales particularités qu'elle présente, sauf la décomposition spontanée et sans bruit sensible de certains gros éclairs sphériques. On peut combler aisément cette lacune.

1. Quand une décharge d'électricité naturelle traverse l'air, les lois du déplacement de l'équilibre imposent à la combinaison qui se forme (matière fulminante) d'être endothermique à la température t de sa formation. Lorsque la température t baisse par refroidissement de cette substance, le déplacement de l'équilibre impose une réaction exothermique consistant dans la décomposition spontanée d'une partie de la matière fulminante. Celle-ci se dissocie donc à mesure que la température baisse et de plus en plus vite, la tension de dissociation croissant quand la température baisse.

Inversement, une diminution de la pression à la surface de la matière fulminante fera remonter la température de celle-ci ; au contraire, une augmentation de la pression abaissera la température.

A une température suffisamment basse, la tension de dissociation de la matière fulminante égale la pression atmosphérique Π ; alors, si aucune pression plus forte ne s'exerce à la surface de cette matière, celle-ci se résout spontanément et progressivement en ses éléments, *qui sont ceux de l'air* (2). Si la matière fulminante est *pure*, cette décomposition spontanée doit se faire sans production de vapeur d'eau ni dépôt de noir de fumée, donc *sans étincelles*.

Si la matière fulminante est impure par absorption de corpuscules végétaux ou animaux, la décomposition donnera lieu à de la vapeur d'eau et à des étincelles constituées par des particules de noir de fumée incandescentes. Enfin, des gaz sulfurés (SO^2 et H^2S) seront mêlés à la vapeur d'eau.

Il en est ainsi lorsque les globes fulminants ont une électrisation superficielle faible ou nulle, ce qui est le cas exceptionnel.

2. Supposons maintenant le cas habituel ; l'éclair sphérique est fortement électrisé. La pression électrostatique $2\pi\sigma^2$, σ étant la densité électrique superficielle, s'ajoutant à la pression atmosphérique, empêche tout départ des molécules gazeuses de la matière fulminante dissociée ; par suite, la tension de dissociation augmente sans cesse, la température superficielle ne cessant de décroître. Celle-ci pourra même s'abaisser sensiblement au-dessous de celle qui correspond à une tension de dissociation égale à Π si la décomposition est très rapide : à un certain moment, la couche superficielle sautera.

Celle-ci partie, le reste de la masse se trouve subitement à la pression atmosphérique. Si la sphère est grosse, le refroidissement étant lent, la température centrale diffère à peine de la température superficielle et, *en tous les points*, la tension de dissociation est supérieure à Π ; la décomposition de la matière fulminante, se produisant en tous les points à la fois et très rapidement, affecte la forme explosive. La violence de l'explosion diminuera à mesure que le rayon de la sphère sera plus petit. Si la décomposition est très lente, elle n'affectera pas la forme explosive.

3. Le raisonnement du paragraphe 2 suppose implicitement que la matière fulminante est *homogène*, c'est-à-dire qu'elle est formée de couches sphériques, isothermes et concentriques, dont la température décroît d'une façon continue du centre à la périphérie.

La présence d'*hétérogénéités thermiques* à l'intérieur de foudres sphériques peut donner lieu à des explosions partielles (1), à des expulsions de masses de matière incandescente, le contact de celle-ci avec les corps vivants donnant des secousses électriques ou non selon qu'il s'agit de globes électrisés ou non.

Les conclusions de ce qui précède sont les suivantes :

I. *Les foudres sphériques non électrisées, quel que soit leur rayon, se décomposent spontanément et sans bruit sensible si la matière est homogène. S'il y a des hétérogénéités thermiques, elles donnent lieu à des projections de matière incandescente précédant la décomposition spontanée.* Toutes choses égales, d'ailleurs, ces foudres ne paraissent pas dangereuses.

II. *Les foudres électrisées sont doublement dangereuses : et par leur explosion même qui peut causer des traumatismes graves, et par les projections de matière électrisée.* Le contact avec un globe électrisé, de rayon médiocre, même s'il n'explose pas, peut produire l'électrocution.

Malheureusement, l'œil ne peut distinguer les globes électrisés fortement de ceux qui ne le sont pas ou le sont faiblement. On peut cependant faire les remarques suivantes :

III. *Lorsque la matière fulminante est pure, sa couleur superficielle étant celle du corps noir qui se refroidit, les globes les plus chargés, pour un même diamètre, sont ceux qui explosent à la température la plus basse. La coloration rouge est d'autant plus dangereuse qu'elle est plus sombre.*

Tant que les globes sont jaunes ou orangés, ils n'explosent pas en bloc : ils ne sont dangereux qu'à cause de la possibilité d'explosions partielles.

IV. *Quand la matière fulminante est impure il faut superposer une coloration bleue à celle de la matière pure. En particulier, on se défiera des gros globes violacés, leur basse température indiquant la très grande probabilité d'une forte pression électrostatique qui retarde leur explosion finale.*

Remarque. — On sait que certains dispositifs d'artifice *fusent* ou *explosent* selon qu'on laisse les produits de la combustion rapide du mélange explosif se dégager librement, ou qu'un obstacle convenable, gênant l'écoulement des gaz, produit par l'accumulation de ceux-ci une pression antagoniste. On remarquera le parallélisme des effets avec ceux des gros globes fulminants pourvus ou non d'une forte pression électrostatique.

---

(1) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 1058 et 1111 ; 182, 1296, p. 32 et 194.

(2) La matière fulminante est, très vraisemblablement, un composé oxygéné de l'azote encore inconnu.

(1) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 1058.

Digitized by Google

Sur la synchronisation à distance des pendules de précision sans l'intermédiaire d'aucun contact, par M. LEJAY.

L'observatoire de Zi ka wei (Chang-Hai) possédant plusieurs excellentes pendules, construites par Fénon, il m'a paru intéressant de chercher à les comparer avec précision aux autres pendules de l'observatoire, et notamment aux deux pendules à pression constante qui assurent la conservation de l'heure.

Or une des pendules Fénon n'est pas munie de contact pour permettre l'enregistrement de chaque seconde, et le contact de l'autre pendule, perturbant légèrement la marche, n'est jamais utilisé. D'autre part l'enregistrement des variations de courant provoquées par un microphone posé sur la pendule est délicat. La forte amplification nécessaire oblige à utiliser un grand nombre de lampes à trois électrodes, et les enregistrements sont fréquemment troublés par des oscillations parasites spontanées, ou même par le courant alternatif du secteur d'éclairage agissant directement par induction sur les fils reliant le microphone aux amplificateurs.

J'ai cherché à résoudre le problème par une autre méthode qui paraît susceptible de plusieurs applications et, par là, d'intérêt général.

Un petit émetteur d'ondes courtes, de montage classique, genre hétérodyne, est disposé dans la caisse même de la pendule et rayonne constamment sur une longueur d'onde déterminée. Au condensateur du circuit oscillant qui fixe la longueur d'onde est relié un fil d'une vingtaine de centimètres, disposé de telle sorte que le pendule en oscillant vienne passer à quelques millimètres de son extrémité libre. La variation de la capacité du fil par rapport au pendule au cours de l'oscillation de celui-ci provoque une variation de la longueur d'onde suffisante pour permettre l'enregistrement après réception par un poste radiotélégraphique ordinaire. Pratiquement, pour obtenir des enregistrements très aigus, il est préférable que le fil n'approche pas de la masse du pendule. Le pendule de nos horloges portant près de son extrémité inférieure une aiguille fine, servant ordinairement d'indicateur pour évaluer l'amplitude des oscillations, c'est cette aiguille que nous avons utilisée et qui, en passant devant le fil, provoque la variation de capacité voulue.

L'aiguille ne met guère plus de deux centièmes de seconde à passer devant le fil; on obtient ainsi sur les bandes noircies au noir de fumée des enregistreurs du genre Boulitte, de petites encoches très pointues, dont l'épaisseur à la base correspond à environ deux centièmes de seconde, et parfaitement symétriques. La pointe de cette encoche correspond exactement au passage de la pointe de l'aiguille devant le milieu du fil, c'est-à-dire à une position déterminée du pendule, aussi voisine qu'on le veut de la verticale, position qui peut être prise comme origine des secondes.

L'appareil d'émission, que nous avons réglé sur 60 m de longueur d'onde, est peu encombrant; celui que nous avons construit ne mesure que 10 cm de côté, et pourrait être encore beaucoup réduit; le pendule lui-même n'a subi aucune modification et son oscillation ne peut être en aucune façon troublée par le dispositif d'émission; la réception à l'oreille pour les comparaisons par coïncidences ne demande qu'une lampe; l'enregistrement direct, sur noir de fumée par oscillographe, sans relais, ne demande qu'un amplificateur de trois ou quatre étages, de type courant que possèdent nécessairement les observatoires munis de dispositifs d'enregistrement pour les signaux horaires ordinaires sur ondes courtes.

Le procédé semble donc pouvoir être appliqué simplement dans ces observatoires, et l'on peut envisager la possibilité de supprimer complètement les contacts dans les pendules de précision.

J'ai utilisé les variations de courant provoquées à la réception pour synchroniser à distance soit une pendulette battant la demi-seconde, soit un pendule battant la seconde; ces expériences ne présentent aucune difficulté; faisons remarquer cependant que seul l'isochronisme est réalisé directement, et que pour obtenir la synchronisation un réglage du pendule récepteur est nécessaire; il est d'ailleurs facile puisqu'on peut suivre à l'écoute le pendule transmetteur.

Sur un procédé général de préparation des colloïdes métalliques, par M. EUGÈNE FOUARD.

On sait que la technique de préparation des colloïdes ne dispose actuellement que d'un seul procédé physique, celui de Bredig, qui soit applicable à un ensemble assez délimité de quelques métaux inoxydables.

La méthode suivante conduit à la formation électrique de nombreux hydrosols métalliques; elle repose sur une première observation que j'ai faite au début de ces recherches : si, dans la solution aqueuse étendue d'un colloïde organique (albumine, amidon, gélatine), complètement purifiée de tous les sels minéraux qui lui sont naturellement associés, on dissout un sel du métal à transformer, et si, dans ce milieu, on plonge deux électrodes insolubles, on voit se former, au contact de la cathode, sous l'influence d'un courant de quelques milliampères, avec une tension très légèrement supérieure à la tension de polarisation, un nuage de teinte caractéristique du métal, se dispersant dans le liquide. Il est probable que les ions métalliques, en arrivant sur la cathode, y rencontrent les micelles du colloïde organique chargées négativement et en voie d'expulsion; de ces rencontres résulterait une décharge électrique répartissant le dépôt métallique, non seulement sur la cathode, mais aussi sur chaque micelle organique; l'ensemble constituerait un complexe organo-métallique dans lequel le métal serait fixé sous une forme tenant à la fois de l'état moléculaire et de l'état colloïdal.

En fait cette production ne s'accomplit selon le schéma décrit que si le métal du sel dissous est de ceux qui prennent communément la structure colloïdale; d'ailleurs, le produit obtenu est instable et le rendement minime, la plus grande partie des ions se déposant simplement sur la cathode.

Mais j'ai pu donner à ce principe une perfection et une extension dans ses applications, en poursuivant le double but suivant :

1° Réaliser avec la plus grande précision l'élimination complète de tous les produits de la réaction électrolytique étrangers au métal en séparant le milieu anodique du milieu cathodique : pour cela, on plonge l'anode de platine dans une cellule-membrane de collodion devenue semi-préalable par une précipitation interne de ferrocyanure de cuivre; si, dans ce dispositif, pendant la durée de la transformation, on renouvelle plusieurs fois le liquide intercellulaire, les anions qui s'y accumulent sont progressivement rejetés de la préparation jusqu'à leur totale disparition.

2° Réduire au minimum possible la vitesse de formation, c'est-à-dire la fréquence des rencontres qui s'effectuent sur la cathode entre les cations et les micelles fixatrices; cette condition est satisfaite par l'emploi d'une cathode constituée d'un élément faiblement conducteur, carbone, silicium, sélénium ou arsenic.

On aboutit ainsi, par cette méthode unique, à des colloïdes contenant le métal dans un état de pureté maximum, puisque, dans la zone de production, en dehors de la présence constante des ions hydrogène, tout électrolyte étranger se trouve éliminé par le courant. Indépendamment des éléments tels que le soufre, le sélénium, les métaux de la série du platine, l'or, l'argent, colloïdifiés toujours en mélange avec des produits de réactions, selon les procédés connus, et que j'ai préparés chimiquement purs, j'ai obtenu, sous cette même forme, l'arsenic, l'iode, le tellure, le mercure, le plomb, le bismuth, le cuivre, l'antimoine, dont l'existence est en réalité inconnue jusqu'ici en tant que métaux colloïdaux purs, à une concentration de l'ordre de quelques milligrammes par centimètre cube; en outre, quelques essais entrepris ont montré

Digitized by Google

que le procédé était aussi applicable à des groupements organiques ionisables, en solution aqueuse, par exemple, les alcaloïdes.

L'examen ultramicroscopique de ces hydrosols ne révèle que quelques particules résolubles, provenant plutôt du dépôt cathodique que de la fixation micellaire, car elles sont rares, et on peut les séparer par une centrifugation, sans que soit modifié l'aspect macroscopique du colloïde.

Chaque métal présente à la lumière diffuse un dichroïsme particulier, quand on examine les rayons qui le traversent en couche mince, ou ceux réfléchis par sa surface.

Ces colloïdes, formés au cours d'une décharge électrique des micelles organiques, subissent spontanément une gélification, réversible sous l'influence de la chaleur, à la manière d'une gelée de gélatine; aussi l'accroissement progressif de leur viscosité, conditionné par la température du milieu, leur assure une grande stabilité.

On remarque que, pour les métaux et métalloïdes colloïdaux réalisés par cette méthode, les valeurs de la chaleur d'ionisation et de la tension de dissolution électrolytique sont minimes et la différence de potentiel existant entre une lame de chacun d'eux et une solution saline immergeante du même élément est toujours négative : ces propriétés définissent, comme on le sait, l'aptitude dominante de leurs ions en solution aqueuse à reprendre la forme moléculaire, électriquement neutre.

REVUE DE LA PRESSE

MESURES ET ESSAIS

La mesure des vitesses de rotation. — La détermination de la vitesse moyenne de rotation des machines tournantes, établie sur une marche assez longue, ne présente pas grande difficulté; dans les essais de longue durée, tels que ceux d'échauffement, ou de régime d'eau, sur les générateurs, les vitesses moyennes s'obtiennent avec une précision suffisante, par des méthodes relativement aisées. Dans certains essais, cependant, les vitesses des machines à étudier doivent varier, les lois de variations étant un facteur important dans la conclusion des résultats expérimentaux. Dans cette catégorie d'essais on peut ranger : les turbines hydrauliques, les régulateurs et la détermination des pertes à vide des machines électriques par mesures différées. Différents types de tachymètres, centrifuges, fluidiques, magnétiques ou électriques ont déjà été étudiés; employés dans de bonnes conditions, ils donnent généralement tous une grande précision; mais utilisés pour la lecture directe ou l'enregistrement de vitesses de rotation variables ils se trouvent faussés par l'inertie de leurs organes mobiles.

En vue d'éviter ces difficultés on a tenté d'appliquer le chronographe à ce genre de mesures. Dans ce cas, l'appareil comporte : un chronographe de Cambridge, à bande, avec 3 stylets, un jeu de diapasons de fréquences fondamentales diverses, avec accessoires de fonctionnement nécessaires, une roue phonique, et un organe de commande de variation de vitesse du chronographe. Ce dernier est du type dont les enregistrements se font sur bande continue, au lieu d'une feuille comme il est d'usage dans les chronographes astronomiques et météorologiques de grande précision. Les 3 plumes travaillent sur 3 arcs séparés, chacune d'elles restant sous le contrôle d'un électro-aimant dont l'excitation a pour résultat de dévier l'arc correspondant. Si l'un des stylets doit tracer des impulsions régulièrement espacées, la vitesse de déroulement de la bande d'inscription n'a pas besoin d'être très rigoureusement constante; un petit moteur du type universel, par exemple, suffit. Des engrenages convenables, et interchangeables pour en varier les combinaisons, permettent une grande marge de vitesses de déroulement.

En laboratoire, des émissions régulières dans le temps sont facilement obtenues par un pendule agissant sur un circuit électrique convenable.

Mais étant donné que le nouveau dispositif que l'on se propose de décrire ici (1) a été prévu primitivement pour effectuer des mesures dans les stations centrales génératrices d'énergie électriques, et que par conséquent on avait besoin de battements pendulaires de plusieurs fréquences, le pendule classique a été remplacé par des diapasons; ces diapasons vibrent dans un plan vertical, avec entretien de leurs oscillations par des électro-aimants logés entre leurs branches. Les contacts primitifs étaient constitués par un fil platiné plongeant dans du mercure. Mais, si cette réalisation convient à l'entretien du diapason, elle est, par contre, insuffisante pour l'entraînement de la roue phonique; des contacts solides, en métaux de grande résilience, furent étudiés pour remplir les deux conditions.

La roue phonique est un petit disque de fer doux, portant un certain nombre de pôles saillants sur sa périphérie et qui est libre d'entrer en rotation dans le champ créé par un électro-aimant connecté en série avec l'électro-aimant d'entretien du diapason. Pour des valeurs d'intensité convenables, la roue se trouve entraînée à la vitesse convenable, se met en phase avec le flux haché qui traverse ses pôles et travaille finalement comme un moteur synchrone. Cette roue porte un contacteur qui ferme un circuit à une fréquence déterminée par sa vitesse propre, c'est-à-dire par la fréquence d'oscillation du diapason. Ce contacteur travaille donc avec la même régularité que le diapason dont il fournit, en somme, une fréquence sous-multiple, aussi constante que la fondamentale, et qui permet de faire intervenir le chronographe.

Pratiquement, les organes sont tels, qu'avec un diapason de fréquence 50, le contact batte la seconde. L'appareil ayant dû être appliqué à des machines d'une vitesse de rotation de 187,5 t : min fut également muni d'un jeu d'engrenages donnant les contacts cherchés à cette fréquence, avec un diapason de fréquence propre 100 per : sec : les 2 dispositifs sont interchangeables. L'énergie électrique nécessaire est assurée par 4 éléments de piles sèches. Le schéma complet de l'installation est donné par la figure 1.

Chaque tour de rotation de la machine en essai est relevé par un des stylets du chronographe par l'intermédiaire d'un dispositif commutateur fixé provisoirement sur l'arbre de cette machine. Bien qu'un contacteur quelconque puisse convenir, celui ayant donné les meilleurs résultats était constitué par un disque en laiton, partant des évidements phériphériques et entraîné par la machine; les proéminences seules viennent en contact avec un balai solidaire d'une partie fixe de l'ensemble; le disque comporte 2 évidements et 2 proéminences. Le circuit sur lequel agit ce commutateur est donc ouvert et fermé alternativement à chaque quart de tour de la machine, et donne une ligne d'enregistrement très caractéristique, ainsi que l'on peut s'en rendre compte figure 2.

Le troisième stylet du chronographe peut être utilisé par un observateur pour transmettre des signaux à des époques déterminées au cours de l'essai, c'est-à-dire lorsque le fréquencemètre ou le voltmètre passent par certaines valeurs prédéterminées à l'avance, il peut encore être électriquement relié à certains relais ou interrupteurs du circuit dont il enregistre les temps de fonctionnement, sur la bande d'inscription.

Les relevés chronographiques peuvent être lus de différentes façons suivant le genre de la mesure à effectuer et les vitesses

(1) *The Electrician*, 24 décembre 1926. MM. Perry, A. Borden.

Digitized by Google

relatives des différents contacts à déceler. Si l'unité de temps est exprimée en fonction de l'unité de révolution de la machine tournante, le problème est simple. C'est par exemple le cas où des engrenages a 187,5 contacts par minute sont montés sur une machine dont la vitesse de rotation est justement de 187,5 t : min ; il suffit alors de sélectionner un groupe convenable d'inscriptions de la bande et de comparer leur espacement sur les 2 lignes, la vitesse moyenne entre les intervalles étant le directement en pour 100 de la vitesse normale. On peut, par exemple, sur une telle bande, retenir les inscriptions correspondant à 10 tours complets de la machine, et, par comparaison avec la ligne des temps, constater qu'elles ont été effectuées dans le même temps que 10,62 révolutions unitaires ; on en déduit immédiatement que la vitesse moyenne de la machine en essai est 6,2 pour 100 plus faible que la vitesse choisie comme unité de base. Le procédé où les engrenages sont prévus, tels que l'unité de base est la seconde ou la demi-seconde, est absolument semblable et n'exige aucune explication complémentaire.

A l'examen de la figure 2, on voit sur les tracés A que la machine a accompli 59 révolutions pendant un temps correspondant à 86 tours unitaires ; sa vitesse moyenne est donc inférieure de 31,4 pour 100 à la vitesse de base, soit 128,7 t : min. Sur les tracés B se rapportant à un générateur d'une vitesse normale de marche de 500 t : min on relève 202 révolutions complètes en 31 secondes, ce qui donne une vitesse moyenne de 391 t : min pendant cette période. D'autres intervalles ou décalages, entre les 2 courbes d'un même relevé, peuvent être étudiés, qu'ils se recouvrent ou non, suivant le degré de précision voulu dans la mesure ; la vitesse moyenne pour chaque période de temps s'obtient alors facilement et permet de tracer la courbe complète de la variation de vitesse de la machine tout au long de l'essai. Le choix des dimensions de l'espace de temps sur lequel on veut porter son examen dépend de l'importance des variations de vitesse de la machine pendant l'observation.

Si, pour un genre d'essai déterminé, les lois de variations des accélérations sont connues, le nombre des déterminations à effectuer diminue considérablement. Dans les essais de retards, où les machines se comportent comme lors du décrochage par rapport à une vitesse de synchronisation, un petit nombre de mesures suffit à dresser la caractéristique entière cherchée ; mais dans les études de turbines ou de régulateurs, il est souvent très utile d'avoir des relevés complets sur les bandes enregistreuses.

Conclusions. — 1° Le chronographe portatif réalise un moyen très pratique pour la mesure et l'enregistrement des vitesses de rotations et autres applications à l'étude des machines tournantes en général.

2° Le diapason électriquement entretenu et associé à une roue phonique donne des mesures très précises d'intervalles de temps unitaires, pouvant être enregistrés par le chronographe.

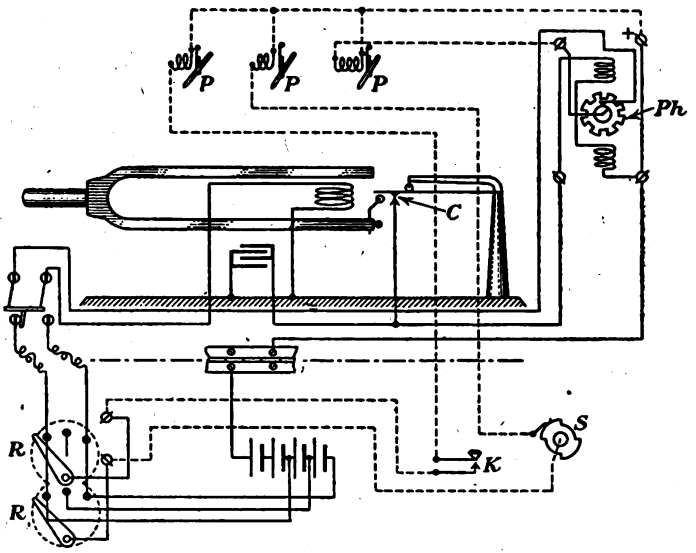
3° La précision du dispositif distributeur de temps peut être contrôlé en permanence par tout autre dispositif semblable pris comme étalon, ou par un ensemble radiotélégraphique très simple donnant les signaux pendulaires émis quotidiennement.

4° A l'aide de démultiplications convenables de la roue phonique les intervalles de temps unitaires tracés sur la bande peuvent tenir lieu d'une vitesse de rotation de base.

5° Pour des raisons de convenance, de sécurité ou autres, les appareils pendulaires et inscripteurs peuvent être éloignés de la machine à essayer sans aucun inconvénient.

6° Les tracés enregistrés sur les bandes laissent une trace permanente des essais effectués.

7° La précision des résultats obtenus dépend directement de la longueur de tracé examinée, et se trouve en quelque sorte régie par les lois de variation des vitesses à étudier.



Tig. 1 — Schéma d'ensemble.

8° Le chronographe peut être remplacé par un vibrateur combiné à un oscillographe, donnant une étroite solidarité aux effets mécaniques et électriques lors de rapides variations de conditions de marche. J. M.

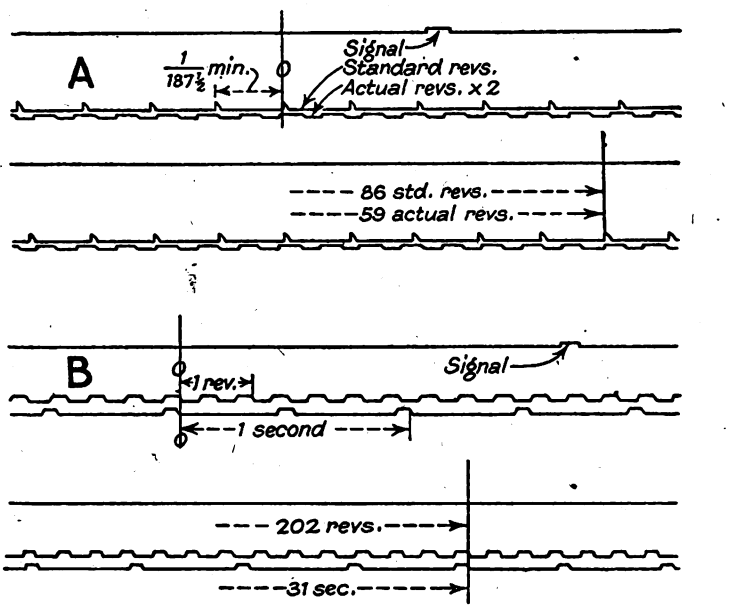


Fig. 2. — Tracés obtenus.

Un arc au mercure pour la polarimétrie. (*Bulletin de la Société française de physique*, 4 février 1927.) — On emploie maintenant dans tous les laboratoires où l'on s'occupe d'interférences à grande différence de marche l'arc au mercure à

Digitized by Google

enveloppe de verre dont Fabry et Perot avaient autrefois signalé l'extrême commodité ; le modèle Cooper Hewitt (formé par un tube de verre de quelques décimètres de longueur) convient parfaitement à des recherches de cette nature, où il faut absolument des raies très *fines*. Mais pour d'autres applications importantes il faut des arcs tout différents. Lorsqu'on veut faire des expériences d'interférences à faible différence de marche — et les mesures ordinaires de pouvoirs rotatoires ou de biréfringences rentrent dans cette catégorie —, la pureté des radiations est moins nécessaire. La précision de ces mesures croît avec l'*éclat intrinsèque* de la source.

Les arcs au mercure en quartz, à régime poussé, que l'on trouve actuellement dans le commerce, sont destinés surtout à des usages médicaux pour lesquels ils sont suffisants puisque les médecins n'emploient jusqu'ici que le rayonnement global de ces lampes, sans employer de lentilles ni de prismes. Ces arcs fournissent beaucoup de lumière, mais la partie lumineuse de la source est généralement étendue : plusieurs centimètres carrés. Aussi l'éclat de ces arcs ne dépasse guère celui de certains arcs en verre : les arcs en boule de Dufour. Ces arcs qui datent de 1901 diffèrent du modèle primitif de Fabry et Perot en ce qu'on utilise la lumière, dirigée vers le haut, émise par l'intérieur d'un tube central en quartz fondu renfermant le mercure cathodique.

On a fait des mesures d'éclat pour la radiation *verte*, en prenant comme unité arbitraire l'éclat de l'arc Cooper Hewitt en verre indiqué plus haut. L'arc fonctionnait au régime de 22 v × 3 amp. ; il était examiné dans une région déterminée du tube, entre le milieu (éclat 0,87) et le voisinage de la cathode (éclat 1,25). Sur les divers arcs du commerce employés au Laboratoire des Recherches physiques (Berlemont, Gallois, Quartz transparent, Heraüs), les nombres trouvés pour l'éclat ont varié entre 65 et 150, ce dernier nombre n'étant d'ailleurs atteint qu'en faisant des mesures sur la partie la plus brillante de tels arcs, le rétrécissement cathodique. Le moindre arc en boule donne presque autant, et un arc du même modèle tout entier en quartz fondu, y compris la boule, donnerait davantage. Un tel arc avait été construit en 1901 ; il a seulement l'inconvénient d'exiger un prisme en quartz si on veut utiliser les faisceaux lumineux dans une direction horizontale.

Pour aller plus loin on peut chercher à angmenter l'épaisseur de la vapeur incandescente en utilisant un tube de quartz muni d'une fenêtre par où sortent les rayons venant dans la direction de l'axe du tube. Un tel arc avait été établi aux ateliers de la Cie Cooper Hewitt à Suresnes, sous la direction de M. E. Darmois ; il a servi très longtemps à des mesures de biréfringence magnétique. Il n'avait qu'un inconvénient : il exigeait une tension supérieure à 110 v, ce qui est parfois gênant.

Le modèle présenté par M. Cotton résulte de tâtonnements qui ont pu être effectués grâce à la complaisance de la Société Lacarrière et à la collaboration de plusieurs travailleurs du Laboratoire des Recherches physiques. M. E. Dubois a étudié les premiers modèles, formés par deux longs tubes verticaux de quartz, réunis par un tube à la partie supérieure. On pouvait opérer sous pression réduite et à des pressions croissantes jusqu'à 3 atmosphères. Finalement on a été conduit à réduire de plus en plus la longueur de la partie horizontale supérieure où l'arc jaillit, et à utiliser la partie de cet arc, voisine de la cathode, où elle vient passer contre la partie inférieure de l'orifice (8 mm de diamètre environ) réunissant directement les deux chambres où les niveaux sont différents, le mercure montant plus haut dans la branche cathodique. La lumière émise dans le prolongement de la partie horizontale de l'arc sort par une fenêtre de quartz fondu travaillé ou plus simplement soufflé avec soin.

Dans le modèle auquel on s'est arrêté, de dimensions très réduites, on a fait tourner, autour d'un axe parallèle à l'arc, l'ensemble des deux tubes accouplés de façon à les incliner dans leur partie supérieure. On a pu de cette façon renoncer à employer le refroidissement artificiel et les aimants qui ont été essayés d'abord pour fixer l'arc. Le fonctionnement de ces arcs, dans une lanterne appropriée, est très régulier : il y a périodiquement une goutte de mercure qui retombe de la cathode vers l'anode et qui produit une très brève extinction après laquelle l'arc reprend très vite son régime. La surface utile de l'arc n'a guère que 5 mm² ; c'est ce qui explique que malgré la faible puissance réellement utilisée, on a des éclats qui, en régime permanent, ont été trouvés compris entre 250 et 562 et qui sont bien plus élevés lorsqu'on pousse l'arc. L'éclat 250 a été obtenu avec une lampe consommant 30 v × 2,5 amp. ; l'éclat 562 avec une lampe consommant 34,2 v × 3 amp. On peut facilement, pendant des temps de l'ordre de la minute, pousser l'arc en augmentant la tension aux bornes jusqu'à une cinquantaine de volts par exemple. On a mesuré dans ces conditions des éclats dépassant 1100 unités.

A. B.

DIVERS

Les courants gazeux dans les fours. (*The Electrical Review*, 10 décembre 1927.) — Un ingénieur russe, M. W. E. Groum-Grjimailo, a fait récemment une étude des courants gazeux qui se développent dans les fours. Il appliqua, à cette étude, les lois de l'hydraulique, et développa une théorie montrant qu'un four doit être disposé de telle façon que la flamme y pénètre sous une pression positive, le rôle de la cheminée étant seulement d'évacuer les résidus froids de la combustion et non d'agir sur les courants d'air primaire ou secondaire, ou même sur la flamme. Il conclut sur la nécessité d'établir les fours avec un tirage faible avec une pression intérieure voisine de zéro. La flamme doit être forcée à l'intérieur et les gaz résiduels évacués. Cette théorie serait applicable à la construction de chaudières à pétrole ou à combustible pulvérisé.

J. M.

ERRATUM

A propos des transformateurs à pertes réduites.

Nous recevons de M. Torche la lettre suivante :

Monsieur,

Je m'aperçois, en lisant le dernier alinéa de l'article de M. P. Normier, qu'il est rédigé de telle façon que l'on pourrait croire que les établissements Torche font des Transformateurs de puissance notoirement insuffisante qui brûleront à la première occasion. Ce n'est pourtant pas le cas pour les 1200 transformateurs livrés par moi ces trois dernières années, et ce n'est pas ce que l'auteur a voulu dire.

Je vous serais reconnaissant de bien vouloir rectifier en remettant les choses au point. Je suppose que M. Normier a voulu dire :

« Notons en passant qu'il ne faut pas confondre l'emploi des transformateurs à pertes dans le fer minuscules comme *les font* les établissements Torche avec des transformateurs « minuscules », c'est-à-dire de puissance notoirement insuffisante qui brûleront à la première occasion ».

Vous remerciant d'avance, etc.

P. Torche.

L'Editeur-Gérant : A. LAHURE.

94 288. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris. — 1927.

Digitized by Google

36e Année. — N° 834 25 Mars 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTEUR EN CHEF
ALFRED SOULIER
Le 2e vendredi de chaque mois de 15 h. à 16 h.

ABONNEMENTS
Paris et Départements : 30 francs par an.
Union postale : 40 francs par an.

ADMINISTRATION
9, rue de Fleurus, 9. — (Paris VIe)
TÉLÉPHONE
Ségur 04-23 et Ségur 04-44.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction au Rédacteur en Chef, 9, rue de Fleurus.

Pour toute demande de numéros de L'Industrie Électrique *on est prié de joindre, à la demande, le montant de l'envoi, en timbres-poste ou en mandat postal.*

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — Le labourage électrique. — Turbo-générateurs et réfrigérants modernes. — Les progrès de la télévision en Angleterre. — Les antennes et les orages. — Nouvelles lignes à hautes tensions en Autriche. — Accroissements de puissance de stations centrales aux Indes. — Essais préliminaires de la liaison radio-électrique Angleterre-Australie. — Nouvelles stations radiotéléphoniques. — Le Phonoscope. — Distinctions honorifiques. 121

LES RÉGULATEURS A RESSORTS. **Barbillion**. 125

EMPLOI DU WATTMÈTRE ÉLECTRODYNAMIQUE DANS LA DÉTERMINATION DES PERTES DIÉLECTRIQUES. **E. H.** 129

QUELQUES ASPECTS DE LA QUESTION DES APPELS SIMULTANÉS DANS UN MÊME CENTRAL EN TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE. **J. H.** 135

COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES. — Appareils à lecture directe pour la mesure des champs magnétiques. Gaussmètre, par M. **Gaston Dupouy**. — Remarques sur la Communication précédente de M. G. Dupouy, par M. **A. Cotton**. — Sur les propriétés diélectriques des gaz ionisés, par MM. **Henri Gutton** et **Jean Clément**. — Propriétés magnétiques du pyrophosphate de manganèse à diverses températures, mesure du moment de l'ion Mn^{v}, par M. **G. Foëx** et Mlle **A. Brunet**. — Sur le paramagnétisme constant du vanadium penta valent, par M. **Nicolas Perrakis**. 138

REVUE DE LA PRESSE. — *Mesures électriques* : Nouveau microphotomètre enregistreur à cellule photo-électrique. — *Questions théoriques* : Résistance électrique aux basses températures. — *T. S. F.* : Sur différents types de microphones en usage dans les stations d'émissions radiophoniques. — Principes généraux pour la détermination des caractéristiques d'un émetteur radiotélégraphique à lampes. — *Traction électrique* : Traction électrique et traction à vapeur. — *Stations centrales* : Statistique de l'union des centrales allemandes pour l'année 1925. 141

INFORMATIONS

Le labourage électrique. — Le 12 mars dernier la *Société française des Electriciens* était conviée à visiter un chantier de labourage électrique en pleine activité, aux environs de Puiseux (Seine-et-Oise), utilisant l'énergie fournie sous forme de courants triphasés haute tension par un poste normal de transformation tel que ceux que l'on installe pour l'électrification des campagnes.

Les courants triphasés à 15 000 v étaient ramenés à 500 v et un câble souple à trois conducteurs reliait le poste de transformation au treuil de labourage. Sur ce dernier un moteur triphasé de 60 ch actionnait, avec un réducteur de vitesse, un câble sans fin reposant sur le sol et passant sur quatre poulies, englobant ainsi un vaste quadrilatère qui n'était autre que le champ à labourer.

La charrue accrochée à ce câble pouvait ainsi parcourir le champ et une fois au bout il suffisait d'inverser le sens de marche du moteur pour lui voir refaire le trajet en sens inverse.

D'après la *Société Electrique de travaux agricoles* qui exploite ce procédé, on consomme ainsi 100 kw-h en moyenne par hectare labouré. Tous frais comptés le travail revient à 450 fr par hectare. Il est bon de faire observer à ce sujet que l'on peut labourer jusqu'à 30 cm de profondeur avec les procédés électriques et obtenir ainsi 3 quintaux de plus de récolte par hectare. Malheureusement on ne peut travailler que 100 jours en moyenne par an ; cependant rien qu'en 1926 on a pu labourer électriquement 3500 hectares.

D'autres tracteurs possédant un treuil actionné par un moteur de 120 ch, permettent de labourer des champs d'une étendue plus considérable que le premier.

En se rendant aux chantiers de labourage les membres de la Société purent visiter l'usine de la Société des Poteaux électriques où ils virent fabriquer des poteaux en ciment armé par un curieux procédé utilisant la force centrifuge. La visite d'un centre-atelier de labourage et d'un poste de transformation de la Société Nord-Lumière complétèrent cette intéressante journée dont il y a lieu de remercier les organisateurs.

A. S.

Digitized by Google

Turbo-générateurs et réfrigérants modernes. (*E. T. Z.*, 1927, 10 février.) — Le Dr Robert Pohl estime que la concurrence américaine aux points de vue de la théorie et de la pratique des turbo-générateurs est devenue très sérieuse. Voici deux ans, l'Allemagne pouvait s'enorgueillir de posséder les deux centrales les plus importantes et d'avoir construit les plus puissants générateurs. Cet état de choses se modifie.

On peut cependant mentionner l'extension de la centrale de Goldenberg, où la concentration d'une puissance de 250 000 kv-A en quatre turbo-groupes de 62 500 kv-A, 1000 t : mn n'a pas trouvé d'imitation. Sous peu également s'élèvera la centrale Rummelsburg, qui, au début, comprendra 5 turbo-groupes, de chacun 90 000 kv-A, à deux arbres et qui atteindra ensuite une puissance totale de 500 000 kw. Les générateurs principaux de 45 000 kw-A, 1500 t : mn se trouvent reproduits dans l'article en question, à différents stades de leur construction.

Dans les États-Unis d'Amérique, les centrales s'érigent avec une rapidité que l'Allemagne ne peut suivre. Actuellement des turbo-groupes sont en construction qui surpassent la construction allemande. Un alternateur de 62 500 kv-A, à 1800 t : mn, est, depuis peu, en service à Chicago. Un groupe de 100 000 kv-A, à deux arbres, et composé de 2 générateurs de 50 000 kv-A à 1800 t : mn est en cours d'exécution. Des commandes de groupes plus puissants sont annoncées : un groupe à deux arbres d'une puissance de 160 000 kw comprenant un générateur de 88 000 kv-A à 1800 t : mn et un de 100 000 kv-A à 1200 t : mn, un groupe à trois arbres d'une puissance de 208 000 kw comprenant un générateur de 76 000 kw à 1800 t : mn et deux de 66 000 kw à la même vitesse.

Si seules des raisons économiques motivent cette progression des grosses unités, l'auteur se défend d'en juger et estime que pour l'Allemagne ce sont les seules à admettre et qu'il importe à l'industrie allemande de se faire une idée nette des limites possibles de sa fabrication, bien qu'il ne puisse être envisagé de mettre en service en Allemagne de telles unités.

L'auteur estime que les Américains ont plus de facilité pour réaliser ces fortes puissances unitaires du fait de leurs règlements : 90° C comme surélévation de la température du rotor, essai à 10 ou 15 pour 100 au-dessus de la vitesse normale. (Ce dernier reproche a déjà été fait aux règlements français. *E. T. Z.*, 1924, 27 mars, p. 270.)

Le développement des turbo-générateurs ne s'est d'ailleurs pas poursuivi dans la même voie en Allemagne et en Amérique, où ce sont surtout les machines 4 et 6 pôles qui se sont développées, alors qu'en Allemagne ce sont les types bipolaires, dans lesquels les puissances de 30 000 kv-A, 3000 t : mn ont déjà été réalisées et où il est maintenant question d'exécuter des générateurs de 40 000 kv-A à la même vitesse. C'est d'ailleurs pour ces machines à grande vitesse que les difficultés, tant au point de vue sollicitation mécanique des matériaux, qu'au point de vue évacuation de la chaleur dégagée, sont les plus importantes; le fait de les avoir surmontées doit donner aux Allemands la certitude de pouvoir établir des unités aussi puissantes que celles d'Amérique et ce, même sans abaisser leurs coefficients de sécurité.

L'auteur ne cherche pas à établir de façon définitive les puissances limites, mais désire explorer deux domaines, l'un déjà reconnu et immédiat, l'autre plus lointain et qui commence à prendre forme.

Les puissances sont, pour les générateurs triphasés à 50 per : sec, données par la relation approchée

$$P_{\text{kv-a}} = \frac{10}{p} A B_{\text{m}} D^2 L$$

dans laquelle on a :

p : nombre de paires de pôles de la machine, soit 2, 4 ou 6;

A : ampères-tours par centimètre du stator, admis comme égaux à 650;

B_{m} : induction moyenne dans l'entrefer, en kilogauss : cm², soit environ 4;

D : diamètre du rotor, en mètres, soit environ 1 m pour 2 pôles, 2 m pour 4 pôles;

L : longueur de fer active du rotor, en mètres. 5 m pour 6 pôles, avec une vitesse tangentielle d'environ 155 mm.

On obtient ainsi par mètre de longueur de fer active du rotor :

15 000 kv-A pour 2 pôles, 26 000 kv-A pour 4 pôles, 39 000 kv-A pour 6 pôles.

En ce qui concerne la longueur maximum réalisable pour ces différentes machines, elle ne dépend plus des conditions d'échauffement en raison des dispositifs de refroidissement adoptés dans la construction actuelle.

Aujourd'hui la longueur maximum du rotor est limitée simplement par la considération de la vitesse critique, qui est inversement proportionnelle à la racine carrée de la flèche totale prise par l'arbre sous l'effet des différentes forces agissantes.

Trois types de rotor sont envisagés, pour concrétiser la fabrication moderne, en général. Pour les machines bipolaires le type A à rotor massif forgé d'une seule pièce avec l'arbre est à peu près seul employé, les encoches étant fraisées dans la masse ou les dents rapportées, cette dernière exécution diminue sensiblement les dimensions de la pièce forgée. L'arbre est généralement foré de façon à permettre un contrôle des caractéristiques du métal et un examen des défauts possibles résultant du forgeage : ce forage diminue en outre le poids de la pièce. Les rotors multipolaires sont exécutés, soit sous la forme du type B dit tambour ou à rotor massif et bouts d'arbres rapportés, soit sous celle du type C dit à disques; pour ces constructions les dents peuvent également être rapportées ou les encoches fraisées. Le type B ne s'exécute actuellement que jusqu'à un diamètre extérieur de 1850 mm, ce qui correspond à 4 pôles à 145 m : sec comme vitesse tangentielle, de façon à obtenir une pièce de forge de dimensions admissibles et à ne pas obtenir de contraintes anormales.

Avec les dents rapportées, le diamètre extérieur est ramené à 1450 mm.

Pour les diamètres plus grands, le rotor est toujours du type C.

Jusqu'à présent les machines 4 et 6 pôles travaillaient avec arbre rigide, c'est-à-dire que la vitesse critique était toujours supérieure à celle de régime normal. Dans les machines deux pôles au contraire on s'était trouvé réduit à avoir une vitesse de régime supérieure à la vitesse critique; le passage par celle-ci, lors de la mise en route, est d'ailleurs presque imperceptible en cas d'une construction soignée et s'effectue sans inconvénient d'aucune sorte. Avec les types actuels bipolaires où la longueur est supérieure à 2 m, on travaille donc avec arbre élastique.

La vitesse critique est choisie suffisamment au-dessus et au-dessous de la vitesse de régime, de façon que cette dernière ne coïncide pas avec un harmonique de la vitesse critique fondamentale. Comme en fait la deuxième vitesse critique se trouve être bien supérieure au double de la première, il est très possible qu'à l'avenir on ne tienne plus compte de cette considération.

Il est d'usage courant de ne pas abaisser la vitesse critique fondamentale au-dessous de 1800 t : mn et de ne pas tenir compte de l'augmentation de rigidité que communique à l'arbre l'accouplement rigide avec la turbine. Sur ces bases, une longueur de 5 m est admissible, ce qui donne, en chiffres ronds, 40 000 kv-A comme puissance limite des générateurs bipolaires.

Pour la machine à 1500 t : mn avec rotor type B de 1850 mm

Digitized by Google

de diamètre, la vitesse critique, pour une longueur de 2 m, est encore supérieure à la vitesse normale. Si on limite la zone utilisable du fonctionnement avec arbre rigide à 20 pour 100 au-dessus de la vitesse de régime, soit à 1800 t : mn comme limite inférieure, la courbe montre qu'une longueur maximum de 4,4 m est admissible. L'augmentation de rigidité de l'arbre, par suite de l'accouplement rigide avec la turbine, permettra encore l'essai d'accélération à 1,25 fois la vitesse normale. La puissance limite réalisable atteint donc 100 000 kv-a. Dans la construction avec rotor du type C avec disques de 2 m de diamètre, on se trouve, au régime normal, au-dessous de la vitesse critique et dans les mêmes conditions que l'on admet 1800 t : mn comme limite inférieure ; pour les machines bipolaires on peut admettre comme limite inférieure 900 t : mn. On obtient alors également une longueur de 4,4 m et une puissance maximum réalisable de 115 000 kv-a. Étant donné la faible augmentation, le type B, plus simple comme exécution, paraît devoir garder la préférence.

Pour les générateurs hexapolaires exigeant le rotor type C, par suite des dimensions, le fonctionnement à arbre rigide, sur la base de 1200 t : mn, comme vitesse critique minimum, donne une longueur maximum de 3,5 m et par suite une puissance maximum réalisable de 135 000 kv-a.

Les vitesses de tourillons de 50 m : sec à des pressions sur les coussinets de 10 kg : cm² sont d'usage courant et permettent également de réaliser ces puissances limites. La construction allemande peut donc, en raison de son expérience de la construction bipolaire, non seulement imiter mais surpasser la construction américaine, sans se lancer à l'aventure.

Reste à voir si l'on peut espérer dépasser les puissances limites indiquées et de quelle façon cela serait possible. La question de l'augmentation des ampères-tours par centimètre est traitée à part ; il n'est pas non plus question de tenir compte de l'augmentation possible du diamètre du rotor pouvant résulter de progrès de la technique métallurgique. Les courbes de vitesses critiques laissent voir que des zones utilisables d'étendue considérable peuvent trouver emploi. Pour les machines bipolaires, en admettant 1200 t : mn comme limite supérieure de la vitesse critique fondamentale on a une nouvelle zone utilisable permettant un fonctionnement régulier au régime normal, à condition de s'assurer que des vitesses critiques d'ordre supérieur, introduites soit par les vibrations de la turbine, soit par les harmoniques de la fréquence propre du rotor, ne tombent pas à son voisinage. On arriverait, dans ces conditions, à exécuter des rotors de 4,5 m au lieu de 3 m, d'où une puissance de 60 000 kv-a au minimum pour les générateurs bipolaires, sans augmentation aucune des contraintes électriques et magnétiques usitées ni utilisation de pressions sur les coussinets et de vitesses de tourillons anormales.

Pour les générateurs tétrapolaires fonctionnant dans les conditions actuelles des machines bipolaires, c'est-à-dire avec vitesse critique comprise entre 1200 t : mn et une vitesse légèrement supérieure à la moitié de la vitesse de régime, on obtient une zone utilisable considérable, permettant au minimum une longueur de rotor de 7,5 m et une puissance d'au moins 170 000 kv-a. Les rotors type C, à disques, permettraient pour les générateurs hexapolaires des longueurs de 5,5 à 6,5 m et des puissances de 200 000 à 235 000 kv-a.

La technique du forgeage devrait s'adapter à cette évolution pour les machines tétrapolaires : elle a d'ailleurs déjà fourni des rotors tambours forgés de telles tailles et des pièces de formes et dimensions similaires. En ce qui concerne les rotors hexapolaires, ceux-ci, en raison de leur poids, ne seraient plus transportables.

Un autre procédé d'augmentation de la puissance et qui sera employé dans un avenir très prochain consiste dans l'emploi d'hydrogène ou de méthane comme fluide réfrigérant avec le procédé de réfrigération en cycle fermé ; on obtiendrait ainsi une augmentation de la puissance massique de 30 pour 100 en même temps qu'une amélioration du rendement et de la contrainte électrique. Avec les puissances de 80 000 kv-a à 3000 t : mn, et de 225 000 à 1500 t : mn, on dépasserait largement les possibilités actuelles de la construction des turbines, mais on peut penser que, cependant, les progrès des turbines à vapeur suivraient les progrès dans la construction des alternateurs. Il faut d'ailleurs penser que quelques années passeront encore avant que l'installation de telles unités puissent se justifier au point de vue économique. Ch. Foucault.

Les progrès de la télévision en Angleterre. (*The Electrical Review*, 24 décembre 1926.) — Les personnes qui assistèrent aux premières démonstrations de télévision, par M. J. L. Baird, furent quelque peu surprises de voir que l'objet ou la personne dont on veut transmettre l'image doivent être exposés en pleine et très forte lumière, dont l'éclat est certainement nuisible et désagréable pour les yeux.

Les recherches se poursuivent dans le but de réduire l'intensité lumineuse nécessaire ; l'inventeur arriva ainsi à l'éclairage normal d'un studio de photographe. Il poussa alors plus loin ses expériences pour essayer d'utiliser des radiations invisibles, celles de l'extrémité inférieure du spectre lumineux, les infra-rouges. Les rayons infra-rouges possèdent une grande puissance de pénétration, mais n'ont, malheureusement, qu'un effet photo-électrique relativement faible ; de grandes difficultés furent rencontrées, dans ce genre d'essai ; elles seraient aujourd'hui surmontées, M. Baird ayant pu montrer à distance, des objets laissés dans l'obscurité totale. L'image d'une personne aurait été transmise de la sorte, devant plusieurs assistants. Il convient de signaler, cependant, que l'emploi des rayons infra-rouges entraîne une certaine distorsion à la reproduction ; les teintes rouges des images tendent à se reproduire blanches, tandis que les bleues tendent à devenir noires. La très grande puissance de pénétration de ces rayons et leur invisibilité totale peuvent faire de ce mode de transmission un moyen extrêmement intéressant pour les applications à la défense nationale. J. M.

Les antennes et les orages. (*The Electrical Review*, 10 décembre 1926.) — Le département du gaz et de l'électricité, de Chicago, a fait des recherches sur les 3 dernières années écoulées en vue de constater l'influence des antennes de T. S. F. sur la foudre. Ces recherches tendent à conclure que l'antenne moyenne n'entre en rien dans les hasards des décharges atmosphériques. Sur 100 cas d'édifices touchés par la foudre, on n'en rencontre que 5 où ces édifices ou les voisins comportaient une antenne ; en outre, dans ces 5 cas, rien n'indiquait l'influence de l'antenne sur le lieu de la décharge. On signale cependant un cas, où l'orage frappa 4 édifices dans un rayon de 1,5 km ; la cheminée de l'un d'eux fut détruite, une antenne y était raccordée et la décharge atmosphérique se propagea par la descente d'antenne jusqu'à l'appartement où était situé le poste récepteur ; de la descente d'antenne, elle passa au fil de terre qui en était distant de 3 à 4 cm sans être raccordé au poste. Se propageant le long du fil de terre, elle en atteignit l'autre extrémité, libre également et distante d'environ 15 cm d'une conduite d'eau. La décharge continua dans l'air et alla frapper cette conduite d'eau en la perforant assez pour qu'une fuite importante s'y crée. Il faut voir là un cas isolé extrêmement rare dont on ne peut tirer aucune règle générale pratique, sinon de relier soigneusement les antennes à la terre aux heures de non-fonctionnement des récepteurs. J. M.

Nouvelles lignes à hautes tensions en Autriche. (*The Electrical Review*, 4 février 1927.) — Dans son rapport de fin d'exercice 1925, la Compagnie d'Électricité et d'Énergie

Digitized by Google

hydraulique Styria annonce que les grands travaux d'électrification qui l'ont occupée au cours des cinq dernières années sont enfin terminés. La station hydroélectrique de Teigit et la ligne de transmission à grande distance qui la relie à Gratz et à la station de transformation de Gratz ont été mises en service. La ligne de transmission 60 000/100 000 v entre Gratz et le poste de transformation de Murzzuschlag fonctionnent depuis 1926.

Au cours de 1926, 160 km de lignes à 20 000 v ont été établis dans l'ouest, l'est et le nord de la Styria. J. M.

Accroissements de puissance de stations centrales aux Indes. (*The Electrical Review*, 4 février 1927.) — La nouvelle station centrale de la Calcutta Electric Supply Corporation a fait sa première fourniture d'énergie électrique à Calcutta le 22 décembre dernier. Cette fourniture a été assurée par la première des 3 turbines installées. Les 2 autres unités seront également mises en service sitôt leurs essais terminés. Cette station est prévue pour un débit total de 150 000 kv-a ; elle ne comporte actuellement que 3 unités d'une puissance individuelle de 7500 kv-a en marche permanente, avec leurs chaudières et tous appareils accessoires. Cette usine génératrice est reliée à la station centrale de Cossipore ; le débit total possible actuellement de ces 2 centres est de 75 500 kw. La charge maximum du réseau est de 37 200 kw ; pour parer aux nouvelles demandes de fourniture d'énergie un groupe supplémentaire de 6000 kw a déjà été prévu par la centrale du Sud dont l'inauguration est envisagée pour la fin de l'année courante. D'autres extensions sont, en outre, étudiées pour satisfaire, sans difficultés, aux exigences supplémentaires probables de l'hiver. J. M.

Essais préliminaires de la liaison radio-électrique Angleterre-Australie. (*The Electrical Review*, 4 février 1927.) — La Marconi's Wireless Telegraph C° Ltd, qui a établi une liaison radiotélégraphique par ondes courtes dirigées entre l'Angleterre et l'Australie pour le compte du gouvernement anglais, communique, ainsi qu'il suit, les résultats des essais préliminaires des appareils :

« Les essais ont démontré la possibilité d'une liaison Angleterre-Australie à grande vitesse et dans chaque sens, pendant un nombre d'heures par jour supérieur aux exigences du contrat passé avec le Post Office de Londres. Mais des défectuosités d'appareils accessoires se sont révélées en cours de travail. La Compagnie a demandé un nouveau délai au Post Office pour remédier à ces défauts ; cette demande a été agréée, les appareils ne devant être acceptés définitivement qu'après des essais entièrement satisfaisants. J. M.

Nouvelles stations radiotéléphoniques. (*The Electrical Review*, 4 février 1927.) — *Finlande* : La longueur d'onde choisie pour le nouveau poste projeté de 25 kw est 1500 m. L'Union internationale de Radiophonie de Genève a mis en garde les personnalités intéressées contre des difficultés possibles avec la station de Moscou qui travaille actuellement sur 1450 mètres.

Hongrie : Le gouvernement hongrois a fait élever à 3 kw la puissance du poste de l'île de Csepel qui était primitivement de 2 kw seulement. On envisage aussi l'installation d'un émetteur de 60 kw.

Japon : Une commande aurait été faite pour l'installation d'un poste émetteur de 600 kw (?) dont l'inauguration aurait lieu en 1928. Ce poste serait la propriété exclusive de la Compagnie Japonaise de télégraphie sans fil,

Daventry (Londres) : Une nouvelle station à onde courte, de grande puissance, doit être adjointe au poste anglais actuel de Daventry, par les soins de la B. B. C., dans le but de satisfaire les possesseurs de récepteurs à galène. Les mâts d'antenne n'auront que 50 mètres de hauteur ; ils seront d'un type démontable dans le but de rendre tout l'émetteur facilement transportable pour le cas où l'on jugerait son déplacement utile. Les premiers essais de transmission auront lieu très prochainement en dehors des heures de programmes des autres émetteurs. J. M.

Le Phonoscope. (*The Electrical Review*, 4 février 1927.) — Cet appareil est un oscilloscope à élément simple, pouvant être utilisé comme un oscillographe. Il possède des qualités pratiques de légèreté et de faible encombrement ; il fonctionne uniquement sur piles sèches. Dans l'industrie électrique il peut permettre l'étude des formes d'ondes de courants ou de tensions alternatifs et leurs relations de phases, dont l'enregistrement cinématographique est, en outre, rendu très facile (6 ondes simultanées). Utilisé comme phonoscope, il permet aux personnes totalement sourdes de suivre une conversation par la lecture des formes d'ondes acoustiques issues d'un récepteur téléphonique avec ou sans amplificateur. Un spot lumineux issu du miroir d'un galvanomètre se déplace sur l'écran de l'appareil en suivant les variations instantanées du courant ; un polygone de miroirs, entraîné dans un mouvement de rotation, donne la composante de temps du spot mobile. Chaque son possède une forme d'onde caractéristique ; une note pure paraît sous la forme d'une sinusoïde indéfinie ; l'amplitude est fonction de l'intensité du son ; la longueur de l'onde, de sommets à sommets périodiques, est inversement proportionnelle à la fréquence ; dans ces conditions, chacun des miroirs du polygone tournant donne un nombre d'oscillations lumineuses proportionnel à la fréquence de la note ou du son émis. Pour les notes aiguës, par exemple, chaque miroir donne un grand nombre de déviations ; le contraire a lieu pour les notes ou sons graves. La forme des ondes varie avec le timbre des différentes voix ; mais la prononciation des mêmes voyelles par des voix différentes garde des caractéristiques semblables. Un microphone ordinaire peut être relié en série avec les piles et le vibrateur du phonoscope. Un transformateur du type à basse fréquence pour T. S. F. peut être introduit après le vibrateur, dans le cas où l'on désire fonctionner avec amplificateur ; tout signal susceptible d'agir sur un haut-parleur agit sur le galvanomètre. Il est, d'ailleurs, possible de faire fonctionner simultanément un haut-parleur et le galvanomètre en les reliant en série dans le circuit de sortie de l'appareil, pour permettre d'entendre et de « voir » simultanément les paroles d'une conversation. J. M.

Distinctions honorifiques. — Ordre national de la légion d'honneur. — Parmi les récentes promotions et nominations, nous sommes heureux de citer les personnalités suivantes du monde électrique :

Au grade de commandeur :

M. J. B. Pomey, Inspecteur général des Télégraphes.

Au grade d'officier :

M. Fredet, administrateur délégué de la Société des Forces motrices de la Haute-Romanche.

Sont nommés *chevaliers* :

M. Mars, secrétaire général de la Compagnie française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston.

M. Muzellec, administrateur délégué de la Compagnie d'Electricité de Brest.

M. Larroze, ingénieur, directeur de l'agence du Sud à la Compagnie française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston.

M. Michel, administrateur délégué de la Société d'Energie électrique de la Sorgue et du Tarn.

M. Badani, directeur de la Société d'Energie électrique des Cévennes.

M. Buffet (François-Ernest), ingénieur en chef à la Compagnie parisienne de Distribution d'Electricité.

Digitized by Google

LES RÉGULATEURS A RESSORTS

Un grand nombre de publications, dues à des auteurs éminents, ont souvent examiné le fonctionnement des régulateurs à ressorts, mais nous ne croyons pas, sauf erreur de notre part, qu'une étude systématique, et surtout simplifiée, du fonctionnement de ceux-ci, ait déjà été faite.

Nous nous désintéresserons, cependant, dans ce qui suit, des régulateurs dans lesquels l'action des ressorts est pour ainsi dire la seule force antagoniste à la force centrifuge qui intervienne, la pesanteur étant exclue. Tel est, par exemple, le cas des régulateurs à axe horizontal. Une étude systématique du fonctionnement de ces appareils a été notamment faite par Minel, dans un petit ouvrage classique, qui constitue une des pierres d'assise de la régulation (1).

Nous nous occuperons seulement, et pour simplifier, des régulateurs dans lesquels le ressort agit parallèlement ou concentriquement à l'arbre vertical, ajoutant son effet à celui du poids des boules ou des demi-disques qui constituent l'organe essentiel du régulateur.

Le problème que nous nous posons est le suivant :

Utilisant nos notations, qui sont du reste classiques, examinons comment se modifie la caractéristique du régulateur direct à boules, type de Watt, lorsque l'on adjoint un ressort au système, ce ressort travaillant, pour fixer les idées, à l'extension, c'est-à-dire ayant une élongation qui croît lorsque les boules montent (augmentation de la vitesse)...

En désignant donc par h la hauteur du manchon pour le régulateur ordinaire, par h_1 cette hauteur pour le régulateur pourvu d'un ressort, et en remarquant que ce dernier régulateur n'est autre qu'un régulateur à surcharge, mais dont la surcharge serait variable avec l'accroissement de vitesse au lieu d'être fixe, comme dans le cas du régulateur Porter, on a les équations ci-après :

$$(1)\qquad \begin{cases} h = \dfrac{g}{\omega^2} \\ h_1 = \dfrac{g}{\omega^2}\left(1 - \dfrac{h_0 - h_1}{b}\right) \end{cases}$$

h_0 correspondant à la vitesse de pleine charge,
b constante appropriée.

$$(2)\qquad h_1(b+h) = h(h_0+b)$$

$$(2')\qquad \frac{h_1}{h} = \frac{h_0+b}{h+b} = \lambda.$$

Il en résulte que la construction de la caractéristique du régulateur transformé est très simple, connaissant la caractéristique du régulateur initial (fig. 1). Le rapport λ étant fixé pour la valeur de h considéré, il suffit de joindre les points SQ, ce qui détermine sur la longueur Aa_2 un segment AA'. Une parallèle à cette droite SA_1, menée par le point A, donne sur Mm_2 une longueur $M'm$, qui est justement la nouvelle hauteur h_1 du manchon, quand le régulateur est pourvu d'un ressort, la vitesse étant naturellement la même dans les deux cas.

Les caractéristiques prendront les aspects des figures 2 et 3 suivant qu'on utilisera comme représentation de la position du manchon les h ou les h' (plan horizontal supérieur ou inférieur de définition).

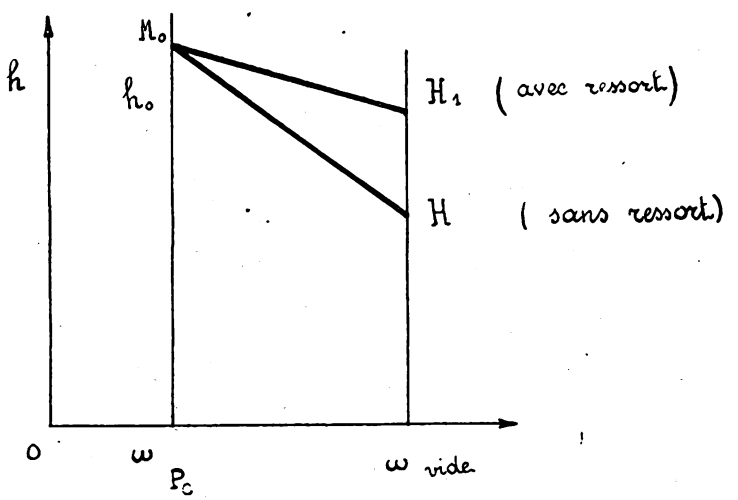


Fig. 1. — Caractéristiques.

Détermination de la constante b. — Pour déterminer b, il convient de choisir entre les deux hypothèses principales ci-après, et aussi entre les diverses hypothèses intermédiaires qui résultent de la combinaison de ces deux principales.

Ou bien on conserve le même écart de réglage dans les deux cas, et alors la course du manchon pour le régulateur à ressort est réduite à une certaine fraction de la course correspondant au régulateur ordinaire (fig. 4).

Ou bien, deuxième hypothèse, on conserve dans les deux cas la même course du manchon, mais le régulateur à ressort règle alors les vitesses entre des limites différentes de celles correspondant au premier cas. La course étant la même, il est facile de voir que les écarts de vitesse seront ainsi plus grands (fig. 5 et 5').

On pourrait entrevoir un autre mode d'emploi du ressort, si l'effet pesanteur était suffisamment énergique pour subsister seul. Le ressort travaillerait alors dans le même sens que la force centrifuge. Il en résulterait des conclusions inverses. La caractéristique $h'(\omega)$ du régulateur à ressort serait ainsi plus basse que celle du régulateur ordinaire, et, à égalité de course du manchon, l'écart des vitesses maintenues en régime sera ainsi plus

(1) Voir aussi nos études à ce sujet : *Régulation des groupes électrogènes*, fascicules. 38 et 39. Encyclopédie Electrotechnique. Albin Michel, à Paris, éditeur.

Digitized by Google

faible que pour le régulateur normal. Cette disposition n'est pas employée en pratique.

1er Cas. — *Hypothèses : Courses différentes du manchon, même écart de réglage.*

(3) $\begin{cases} h_0 - h_1 = C_1, \text{ course du régulateur avec ressort} \\ h_0 - h = C, \text{ course du régulateur sans ressort.} \end{cases}$

Soit

(3') $$\frac{C_1}{C} = \mu$$

Assimilons le régulateur à ressort à un régulateur à surcharge λQ. Il vient, pour l'élongation maximum $h_0 - H_1$:

(4) $$\frac{1}{b} = \frac{P}{\lambda Q} \cdot \frac{1}{h_0 - H_1} = \frac{1}{\lambda Q} \frac{1}{C\mu}.$$

Soit ω (vide) et ω_1 (vide) les vitesses à vide du régulateur, ω_{Pc} étant la même pour les deux, h_0 étant également le même.

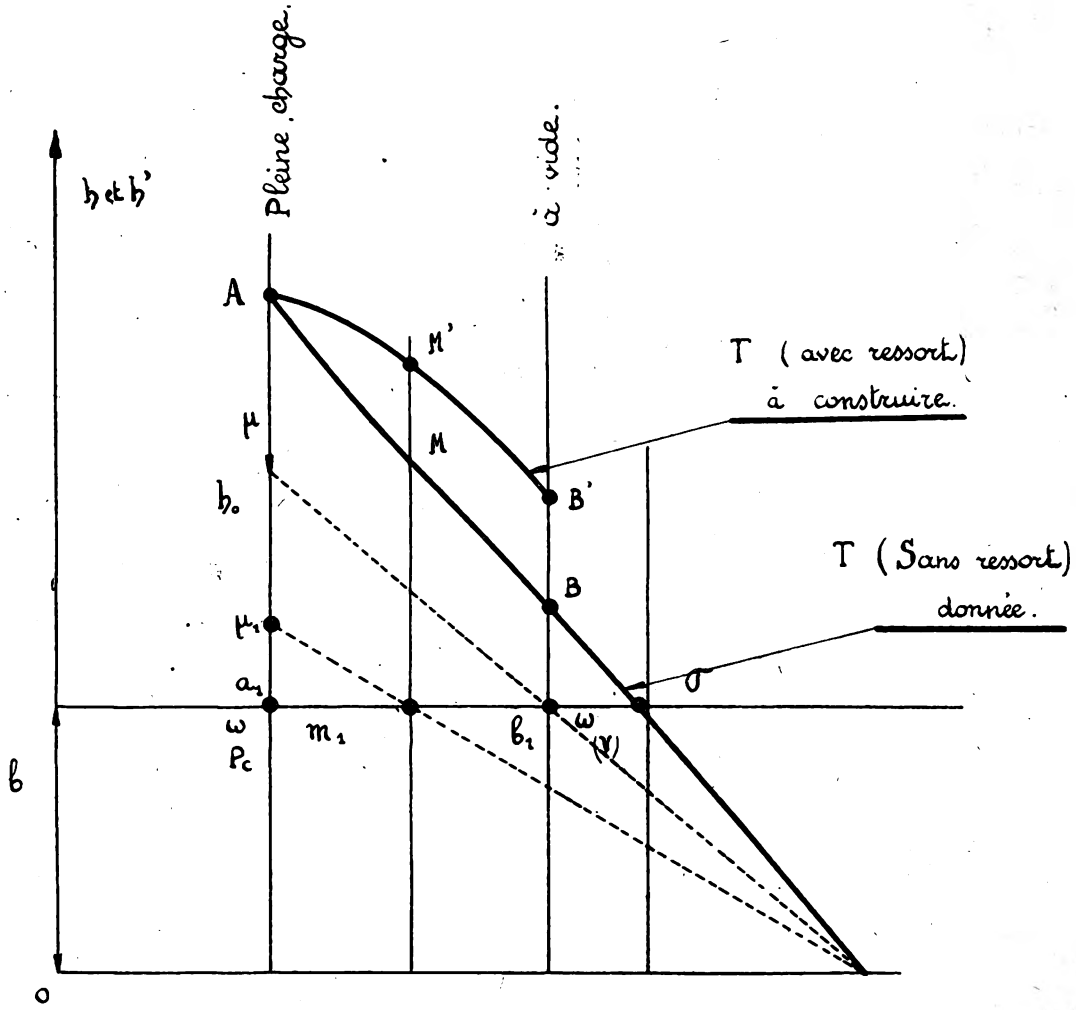


Fig. 2.

On a ainsi :

$$\begin{cases} H_1 = \frac{g}{\omega^2_{1\text{vide}}} \left(1 + \frac{\lambda Q}{P}\right) \\ H = \frac{g}{\omega^2_{\text{vide}}} \quad (1). \end{cases}$$

D'où

$$\left(1 + \frac{\lambda Q}{P}\right) = \frac{H_1}{H}$$

et ainsi :

$$\left(1 + \frac{\lambda Q}{P}\right) = \frac{H_1}{H}$$

$$\frac{\lambda Q}{P} = \frac{H_1 - H}{H}.$$

Par suite :

$$\frac{1}{b} = \frac{1}{C\mu} \cdot \frac{H_1 - H}{H}$$

et

(5) $$b = \mu C \frac{H}{H_1 - H}$$

mais

$$H = h_0 - C.$$

Il vient donc successivement :

Digitized by Google

$$\begin{cases} b = \mu C \dfrac{h_0 - C}{(h_0 - H) - (h_0 - H_1)} \\ b = \mu C \dfrac{h_0 - C}{C - \mu C} \\ b = \mu C \dfrac{h_0 - C}{C(1 - \mu)}. \end{cases}$$

Soit $\mu = \frac{1}{2}$ pour fixer les idées.

Il vient alors :

$$(5') \qquad b = (h_0 - C)\frac{\frac{1}{2}}{1 - \frac{1}{2}} = h_0 - C$$

et la formule générale de fonctionnement du régulateur, qui est, comme on l'a vu :

$$h_1 = \frac{g}{\omega^2}\left(1 + \frac{h_0 - h_1}{b}\right)$$

peut s'écrire ici :

$$(6) \qquad h_1 = \frac{g}{\omega^2}\left(1 + \frac{h_0 - h_1}{h^0 - C}\right).$$

Les formes suivantes sont naturellement équivalentes :

$$h_1 = \frac{g}{\omega^2}\left(1 + \frac{(h_0 - C) - (h_1 - C)}{h_0 - C}\right)$$

$$h_1 = \frac{g}{\omega^2}\left(1 + 1 - \frac{h_1 - C}{h_0 - C}\right)$$

$$(6') \qquad h_1 = \frac{g}{\omega^2}\left(2 - \frac{h_1 - C}{h_0 - C}\right).$$

Toujours avec $\mu = \frac{1}{2}$ et en se donnant C, course du manchon en même temps que ω_0, vitesse de pleine charge, et ω_v, vitesse à vide.

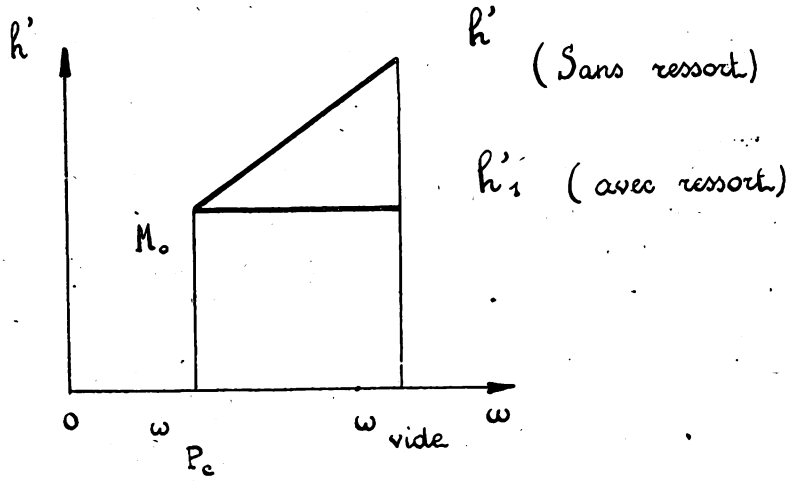


Fig. 3.

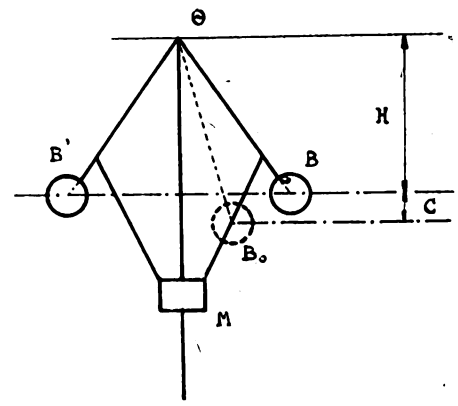


Fig. 4.

2e Cas. — *Hypothèses : même course, écarts de réglage différents.* — Partons toujours des formules classiques donnant les élongations maxima du manchon :

$$(1') \qquad \begin{cases} H_1 = \omega_{1\,\text{vide}}^2\left(1 + \dfrac{\lambda Q}{P}\right) \\ H = \dfrac{g}{\omega_1^2}(1). \end{cases}$$

Exprimons les courses respectives du manchon du régulateur dans les deux cas, en fonction des élongations.

Il vient, ω'_1 et ω_1 étant les vitesses à vide réalisées, avec le régulateur à ressort, et le régulateur sans ressort :

$$(7) \qquad \begin{cases} C = h_0 - H_1 = \dfrac{g}{\omega_1'^2}\left(1 + \lambda\dfrac{Q}{P}\right) - \dfrac{g}{\omega^2_{PC}} \\ C = h_0 - H = \dfrac{g}{\omega_1^2}(1) - \dfrac{g}{\omega^2_{PC}}. \end{cases}$$

Or $C_1 = C$

donc

$$(8) \qquad \frac{g}{\omega_1'^2}\left(1 + \frac{\lambda Q}{P}\right) = \frac{g}{\omega_1^2}$$

$$\omega_1'^2 = \omega_1^2\left(1 + \frac{\lambda Q}{P}\right)$$

$$\omega_1'^2 - \omega_1^2 = \omega_1^2\frac{\lambda Q}{P}$$

$$(\omega_1' - \omega_1)(\omega_1' + \omega_1) = \omega_1^2\frac{\lambda Q}{P}.$$

Ou approximativement, si $\Delta\omega_1 = \omega'_1 - \omega_1$:

$$\sim \Delta\omega_1 . 2\omega_1 = \omega_1^2\frac{\lambda Q}{P}$$

$$\Delta\omega_1 = \frac{\lambda Q}{P}.$$

On retrouve ainsi la formule classique, définissant, dans un ordre d'idées naturellement différent, la sensibilité du régulateur :

$$(9) \qquad \frac{\lambda Q}{P} = \frac{2\Delta\omega_1}{\omega_1}$$

mais

$$\frac{1}{b} = \frac{2\Delta\omega_1}{\omega_1}\frac{1}{C}.$$

Digitized by Google

Soit :

$$(10) \qquad b = C \frac{1}{\left(\frac{2\Delta\omega_1}{\omega_1}\right)}$$

$\frac{\Delta\omega_1}{\omega_1}$, accroissement relatif de vitesse à vide, quand on conserve la même course et quand on ajoute un ressort de constante b.

$$(11) \qquad h_1 = \frac{g}{\omega^2}\left(1 + \frac{h_0 - h_1}{C}\,\frac{2\Delta\omega_1}{\omega_1}\right).$$

Application numérique. — Soit :

$$\frac{\omega_{\text{vide}} - \omega_{\text{PC}}}{\omega_{\text{moy.}}} = 0{,}02 \text{ (sans ressort)}$$

$$\frac{\Delta\omega_1}{\omega_{\text{moy.}}} = 0{,}02 \text{ (dans le cas du ressort).}$$

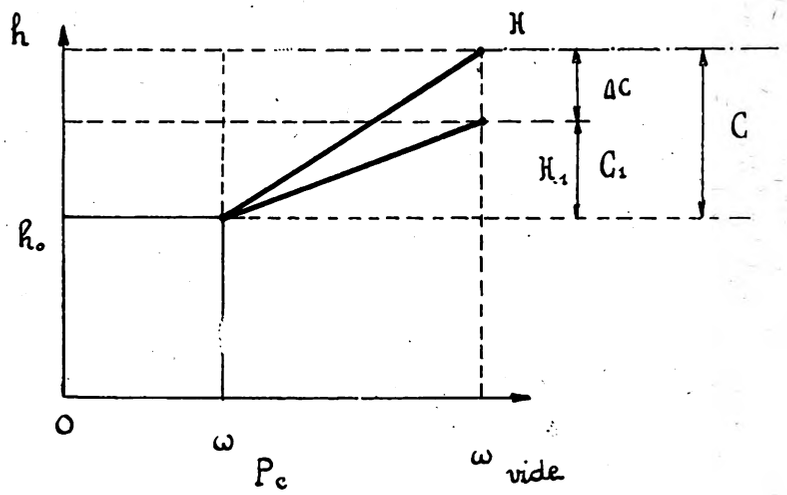


Fig. 5.

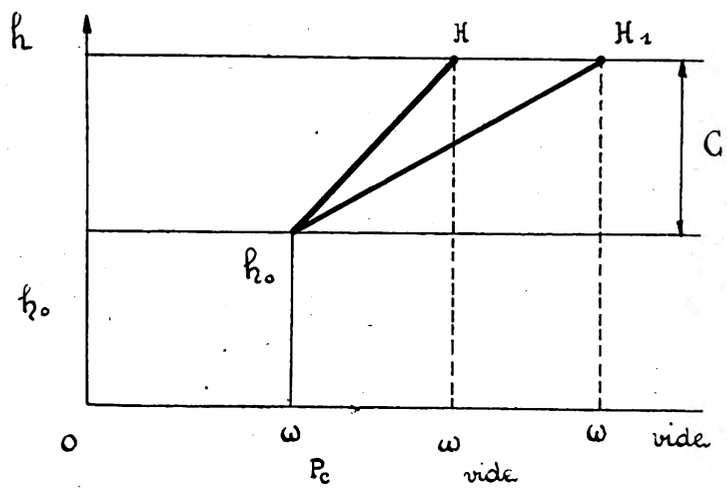


Fig. 5 bis.

La formule générale (11)

$$h_1 = \frac{g}{\omega^2}\left(1 + \frac{h_0 - h_1}{C}\cdot\frac{2\Delta\omega_1}{\omega^2}\right)$$

devient

$$(11') \qquad h_1 = \frac{\omega^2}{g}\left(1 + \frac{h_0 - h_1}{C}\,2 \times 0{,}02\right)$$

h_1 correspondant à une charge quelconque, mais pour la marche à vide

$$h_0 - h_1 = h_0 - H_1 = C.$$

D'où :

$$(11'') \qquad H_1 = \frac{g}{\omega^2_{\text{vide}}}\left(1 + \frac{C}{C} \times 0{,}04\right).$$

Puisque la course est la même dans les deux cas, on doit bien avoir :

$$(11''') \qquad H_1 = H = \frac{g\,(1 + 0{,}04)}{\omega^2_{\text{vide}}\,(1 + 0{,}02)}.$$

D'où très sensiblement ;

$$(11'''') \qquad H_1 = H = \frac{g}{\omega^2_{\text{vide}}}$$

ce qui est une simple vérification

Digitized by Google

Remarque. — Si ou force la tension initiale de ressort, les points h_0 se séparent, et h'_0 est plus petit pour le régulateur à ressort que pour l'autre. D'où la justification de la règle pratique :

Quand on renforce la tension initiale du ressort, à une

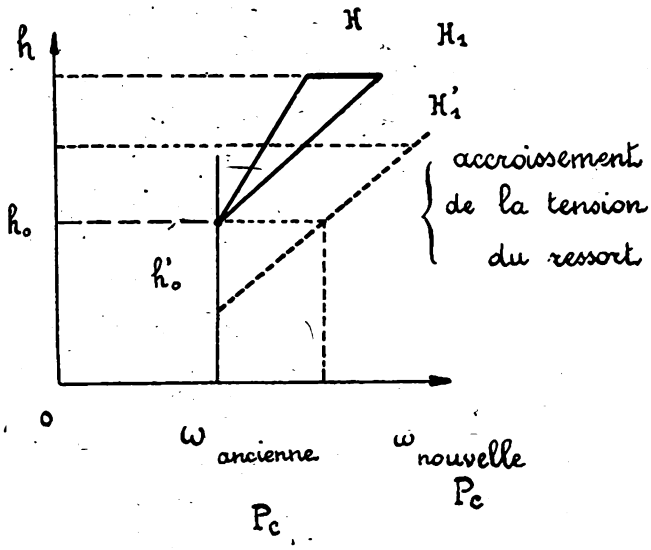


Fig. 6.

même position du manchon, donc à une même valeur de l'admission, correspond une vitesse de régime plus grande (fig. 6).

L. Barbillion.

EMPLOI DU WATTMÈTRE ÉLECTRODYNAMIQUE DANS LA DÉTERMINATION DES PERTES DIÉLECTRIQUES

Étude de l'isolement des cables haute tension recouverts d'une armature en plomb.

Introduction. — On attache une grande importance aujourd'hui à la détermination des pertes diélectriques, ainsi qu'à celle du facteur de puissance caractérisant l'isolement des câbles haute tension (1). Ces caractéristiques peuvent être évaluées soit sur la totalité du câble, soit sur des échantillons. La puissance perdue dans le diélectrique est exprimée en watts, et constitue ce que l'on désigne sous le nom de pertes. Le facteur de puissance est donné par le rapport entre cette puissance exprimée en watts et le produit de la tension appliquée exprimée en volts par le courant résultant évalué en ampères. La détermination des pertes et du facteur de puissance nécessite : *a*) la mesure de la puissance du courant et de la tension, desquels on déduira le facteur de puissance; *b*) ou bien la mesure du facteur de puissance du courant et de la tension d'où l'on déduira la puissance; *c*) ou encore la mesure de la puissance et des volts-ampères réactifs qui permettront de calculer ensuite le facteur de puissance.

La détermination de ces puissances, toujours faibles et de ces facteurs de puissance, dans des limites de tension assez étendues, pouvant même atteindre des valeurs élevées, n'est pas toujours chose facile et exige un outillage spécial.

Les appareils permettant d'effectuer ce genre de mesures sont le wattmètre électrodynamique, le wattmètre électrostatique et le pont à courant alternatif.

Le but du présent article est de montrer comment on doit employer le wattmètre électrodynamique.

Description de l'appareil. — Un wattmètre électrodynamique est un appareil dans lequel le couple dépend des actions électrodynamiques s'exerçant entre deux circuits, l'un fixe en général parcouru par le courant ou une fraction connue de celui-ci, l'autre mobile parcouru par un courant proportionnel à la tension; les résistances additionnelles sont en général considérées comme faisant partie de l'appareil. La plupart des wattmètres utilisés de nos jours sont du type électrodynamique; leur équipage mobile est constitué par un cadre dont l'axe est maintenu entre deux crapaudines garnies de pierres.

Lorsqu'on se propose de mesurer les pertes diélectriques

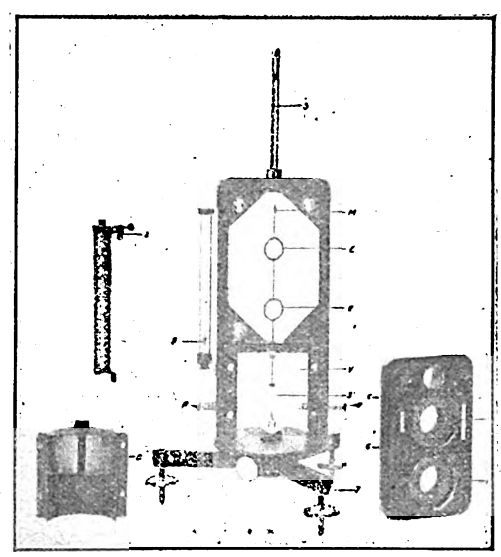


Fig. 1.

Pièces principales constituant le wattmètre.

B. Fil à plomb. — CC. Bornes circuit (intensité). — D. Amortisseur. — EE. Cadres mobiles. — FF, Enroulement fixe. — M. Miroir. — PP. Bornes circuits (potentiel). — S. Suspension. — S. Spiral. — T. Trépied. — V. Palette de l'amortisseur. — Z. Dispositif de remise au zéro.

dans les isolants recouvrant les câbles à haute tension, pertes représentant une puissance toujours faible, le wattmètre doit être beaucoup plus sensible. Dans ce cas

(1) Everett et Lee. *A. I. E. E.*, août 1926.

Digitized by Google

le cadre mobile est suspendu à deux fils présentant un faible couple de torsion. Les déviations sont lues sur une échelle transparente où l'on suit les déplacements d'un spot réfléchi par un petit miroir porté par l'appareil.

En général lorsqu'il s'agit d'appareils aussi sensibles et dans le but d'éviter toute action provenant des champs extérieurs, on divise le cadre mobile en deux parties égales placées l'une au-dessus de l'autre et bobinées en sens inverses, que l'on réunit en série, afin de rendre l'équipage astatique. Un tel appareil est représenté sur la figure 1.

Application particulière du wattmètre électrodynamique à la mesure des pertes dans les isolants.

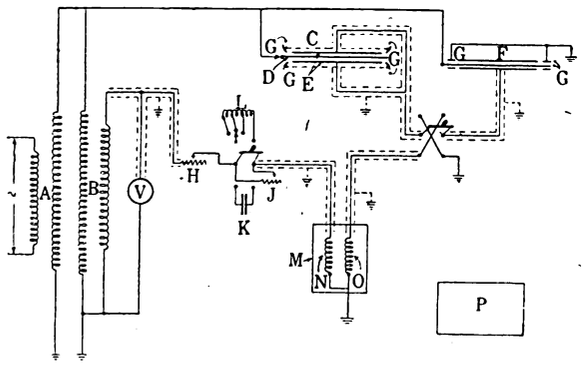


Fig. 2.

Schéma des connexions et de montage pour la mesure des pertes diélectriques.

A. Transformateur de puissance. — B. Transformateur de potentiel. — C. Capacité à air. — D. Armature connectée à la haute tension. — E. Armature connectée à la terre. — F. Échantillon de câble. — G. Anneau de garde. — H. Résistance extérieure. — J. Résistance supplémentaire. — K. Capacité de compensation. — L. Réactance de compensation. — M. Wattmètre. — N. Circuit (potentiel). — O. Circuit (courant). — P. Potentiomètre d'étalonnage.

Les lignes en pointillé représentent l'enveloppe protectrice reliée à la terre.

— Il faudra avant tout se préoccuper d'alimenter chacun des deux circuits constituant l'appareil, afin d'appliquer au circuit gros fil un courant proportionnel à celui circulant à travers le diélectrique et au circuit fil fin une tension proportionnelle à celle utilisée et en phase avec elle. En général dans le cas d'un wattmètre électrodynamique, le courant alimentant le circuit gros fil est fourni par un transformateur d'intensité dont on connaît exactement le rapport de transformation et dont le primaire est directement connecté en série avec le câble.

Si on emploie un shunt il y a lieu de tenir compte du déphasage pouvant exister entre le courant dans celui-ci et le courant dans l'appareil, ainsi que de l'influence de la température sur la variation des résistances.

Le circuit fil fin, y compris les résistances additionnelles, est établi en général pour une tension de 150 v.

Lorsqu'on a affaire à des tensions plus élevées et surtout s'il s'agit de haute tension on est obligé d'avoir recours à un dispositif permettant de réduire cette tension dans un certain rapport connu de façon que les indications de l'appareil représentent bien une fraction connue de la puissance que l'on veut mesurer.

Ce problème est aujourd'hui parfaitement résolu par l'emploi de transformateurs de potentiel, mais cette solution n'est qu'à demi satisfaisante lorsqu'il s'agit de mesurer les pertes dans les isolants. Dans ce cas il faut en effet tenir compte de l'erreur d'angle du transformateur de mesure, car le facteur de puissance des pertes que l'on mesure est excessivement faible.

A cet effet, le tableau ci-dessous donne la valeur maxima de l'erreur admissible sur l'angle avec l'erreur correspondante en pour cent pour différentes valeurs du facteur de puissance.

Comme on ne connaît pas en général à moins de 3 à 5 minutes près la valeur de l'angle des appareils de mesure, on peut admettre qu'on fera une erreur d'angle d'au moins 2 minutes dans la détermination des angles. Dans ces conditions il est facile de se rendre compte qu'on ne pourra pas faire de mesure avec une erreur inférieure à 1 pour 100.

On ne pourra même pas compter sur une erreur inférieure à 5 pour 100 dans le cas d'un facteur de puissance de 0,01 et au-dessous; l'erreur sera même supérieure à 10 pour 100 si le facteur de puissance est plus petit que 0,005.

Il résulte de ceci, si on ne considère que la mesure de l'angle, que l'erreur minima sur laquelle on pourra compter sera de l'ordre de 10 pour 100.

Il faut également tenir compte de l'erreur que peut introduire le circuit fil fin du wattmètre. A moins que ce circuit ne soit convenablement protégé, cette nouvelle erreur est difficile à calculer et introduira un nouvel écart angulaire qui viendra s'ajouter au premier.

Pour toutes ces raisons la méthode de détermination des erreurs par le calcul a été complètement abandonnée.

FACTEUR DE PUISSANCE cos φ.	φ	ERREURS MAXIMA SUR L'ANGLE EXPRIMÉES EN MINUTES pour une erreur de					
		1 pour 100.	5 pour 100.	10 pour 100.	25 pour 100.	50 pour 100.	100 pour 100.
0,002	89°,55′	0	0.3	0,6	1.6	3.3	7
0,005	89°,43′	0	1	2	4	9	17
0,01	89°,26′	0	2	4	8	17	33
0,02	88°,51′	0.5	4	8	17	33	70
0,03	88°,17′	1	5	11			
0,05	87°,8′	2	8				
0,10	84°,10′	4	19				

Digitized by Google

Méthode utilisant une capacité à air combiné avec un wattmètre électrodynamique compensé.

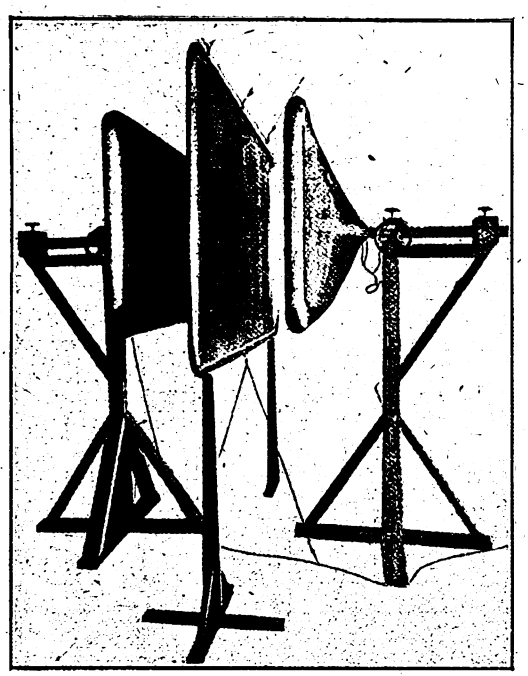


Fig. 3.
Capacité variable à air.

L'armature médiane est connectée directement à la haute tension : elle mesure environ 2,70 m de long et 1,50 m de large. Les armatures extérieures connectées à la terre mesurent 2.20 m de long sur 1 m de large. La capacité de ce condensateur peut varier de 0.0001 à 0.002 microfarad et peut supporter une tension maximum de 100 000 v.

— Les erreurs signalées précédemment, soit qu'elles aient été introduites par les calculs, ou par l'expérience,

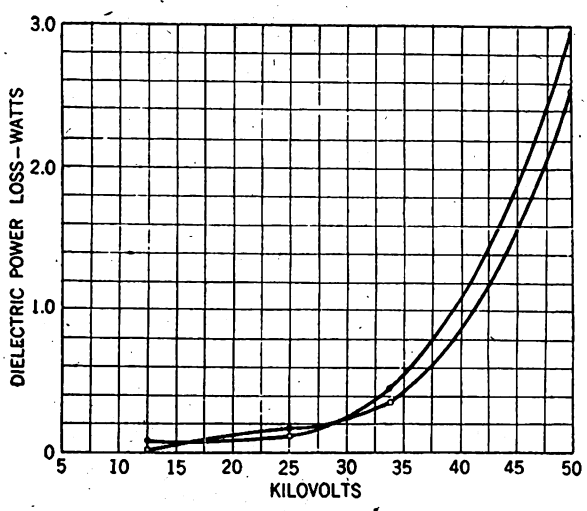


Fig. 4.

Mesures comparatives des pertes diélectriques sur câble à trois conducteurs, un conducteur étant connecté à la haute tension, les deux autres à la terre et reliés à l'armature.

● Au moyen du wattmètre et des résistances liquides.
○ Au moyen du wattmètre compensé.

peuvent être évitées en employant une capacité spéciale (fig. 3) pouvant être directement branchée sur la haute tension, cette capacité ayant des pertes négligeables. Un tel condensateur a généralement un diélectrique constitué par de l'air, bien que l'on puisse également employer des gaz sous pression tels que CO^2.

Si les pertes dans cette capacité sont nulles, et que l'on relie celle-ci au circuit gros fil d'un wattmètre électrodynamique, dont le circuit fil fin est branché aux bornes secondaires d'un transformateur de potentiel dont le primaire est placé sous tension, on ne doit enregistrer aucune déviation de l'appareil. En général il n'en sera pas ainsi à cause de l'angle introduit par le transforma-

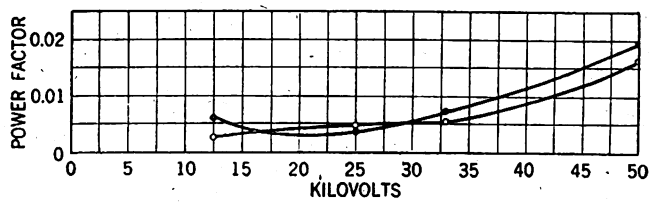


Fig. 5.
Mesures comparatives du facteur de puissance faites sur câble à trois conducteurs.

Les pertes diélectriques ayant été mesurées à l'aide d'une source monophasée, un conducteur relié à la haute tension, les deux autres reliés à la terre et à l'armature. Câble analogue à celui de la figure 6.

● Wattmètre et résistances liquides.
○ Wattmètre compensé.

teur intermédiaire et le circuit fil fin du wattmètre, mais on pourra toujours, par un réglage des réactances, réaliser cette condition. Le wattmètre est donc exactement compensé pour les déphasages existants provenant des appareils eux-mêmes.

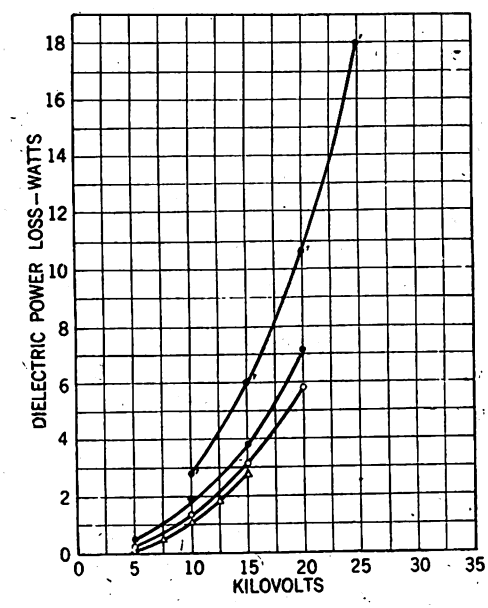


Fig. 6.

Mesures comparatives des pertes sur une capacité d'expérience.

○ Wattmètre compensé.
Δ Méthode du pont.
● Méthode du wattmètre avec résistances liquides.

La capacité sera ensuite remplacée par l'échantillon de câble de capacité identique et on lira la déviation correspondante sur l'échelle du wattmètre.

Digitized by Google

De ces deux mesures on déduit les pertes en watts d'après les indications de l'appareil, la constante de celui-ci étant déterminée au moyen de courant continu. Cette méthode connue sous le nom de méthode du wattmètre compensé a déjà donné des résultats intéressants. Le schéma d'ensemble et de montage du dispositif est

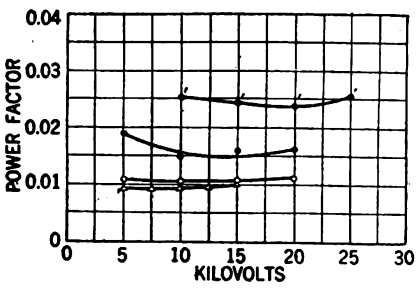


Fig. 7.

Mesures comparatives faites sur le facteur de puissance d'une capacité d'expérience.

○ Méthode de wattmètre compensé.
● Wattmètre et résistances liquides.
● Wattmètre et résistances liquides après avoir court-circuité une partie de celle-ci.

donné figure 2; on a représenté les circuits de protection ainsi que les liaisons à la terre indispensables pour éliminer les erreurs dues aux charges statiques et aux phénomènes d'influence.

Par cette méthode les manipulations sont extrêmement réduites et de nombreuses causes d'erreurs éliminées. L'appareil peut être étalonné sur place, à l'aide de courant continu et d'un potentiomètre, ce qui permet déjà d'être sûr de la détermination de la constante qui servira

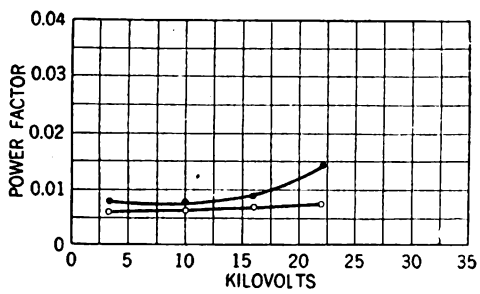


Fig. 8.

Valeurs du facteur de puissance déterminées sur un échantillon de câble à trois conducteurs par la méthode du wattmètre, le circuit gros fil branché entre la haute tension et la terre.

● Transformateur non protégé.
○ Transformateur protégé.

dans les lectures suivantes. Les pertes provenant du circuit fil fin peuvent être déterminées, et il est possible d'en tenir compte si on le désire. Enfin tout déphasage provenant des appareils peut être corrigé au moyen de la compensation, c'est-à-dire d'un dispositif self, capacité, résistance, permettant de régler l'impédance du circuit fil fin.

L'emploi d'une capacité à air a rendu ce genre de mesures plus pratique. Un type industriel de ces condensateurs est représenté par la figure 5, les armatures étant variables ; il est d'ailleurs possible dans la plupart des cas de dimensionner la capacité suivant la nature des mesures que l'on doit faire.

La condition qui permet de réaliser les meilleures mesures est celle qui correspond au condensateur ayant la même capacité que l'échantillon.

Cette condition est d'ailleurs facile à remplir; il suffit, dans le cas d'un échantillon recouvert d'une enveloppe de plomb, d'opérer sur une longueur d'environ 5 m.

Dans le cas où l'on ne dispose que de grandes longueurs de câbles et que l'on ne veuille pas prélever d'échantil-

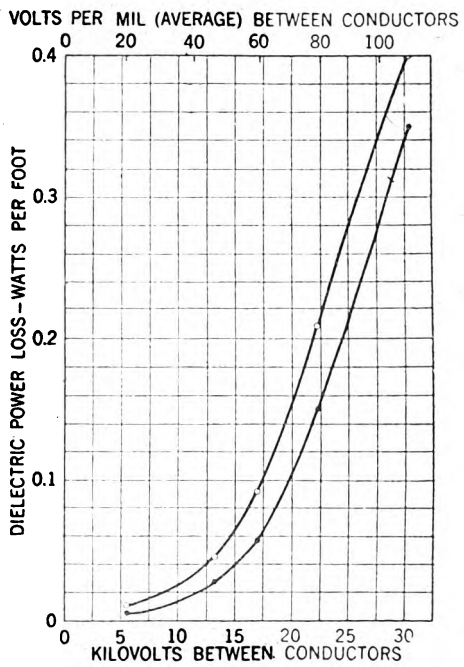


Fig. 9.

Mesures comparatives des pertes déterminées dans deux laboratoires différents sur des échantillons prélevés sur un même câble.

lons, il est indispensable d'opérer la compensation avec un circuit gros fil à faible intensité et de la remplacer pour faire la mesure par un enroulement à intensité plus élevée, ou d'employer un shunt. L'une ou l'autre de ces deux méthodes entraînent des corrections dont la valeur est difficile à déterminer. Il est préférable dans ce cas d'employer une méthode de pont.

La sensibilité de l'appareil varie entre 1/10000 et 1/100000 de watt par millimètre lu sur une échelle placée à 1 m du miroir porté par l'équipage mobile, pour une tension d'essai de 110 v. C'est également l'ordre de grandeur des pertes les plus faibles que l'on aura à mesurer avec cet appareil, en opérant sur des échantillons de 3 m de longueur. C'est évidemment dans ces conditions que les erreurs auront le plus d'importance, et qu'elles pourront atteindre 20 pour 100, étant donné que la déviation du spot atteindra à peine quelques millimètres et que l'erreur pourra être de 0,5 à 0,5 mm. Pour

Digitized by Google

les valeurs supérieures ces erreurs, exprimées en pour 100 de la lecture, auront de moins en moins d'importance. Le choix du dispositif de transformation doit être également judicieux; le mieux serait d'avoir une série de transformateurs de rapports différents. Il est possible de trouver dans le commerce des appareils jusqu'à 132 000 v. Le rapport de transformation dans ce cas est indépendant du courant débité dans le circuit haute tension.

Si l'on emploie des enroulements spéciaux bobinés sur le même noyau ainsi que l'indique le schéma (fig. 2), le débit influera sur les indications. Il en sera de même si on effectue les mesures sur le côté basse tension du transformateur.

L'influence du champ terrestre est éliminée en rendant l'appareil astatique; cette précaution est d'ailleurs superflue lorsqu'on effectue les mesures en courant alternatif.

Le wattmètre électrodynamique intègre exactement la puissance produite par des tensions et des courants de même fréquence sans tenir compte de la forme des

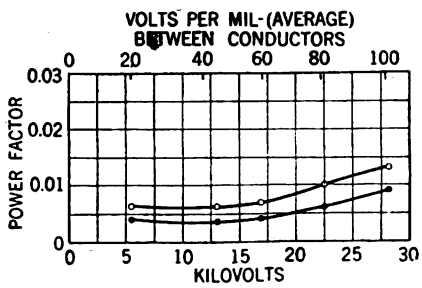


Fig. 10.

Mesures comparatives du facteur de puissance faites sur des échantillons prélevés sur le même câble et dans des laboratoires différents.

ondes. Dans le cas de mesures faites sur des câbles il y a intérêt à opérer avec des tensions aussi pures que possible, car le câble présente pour les harmoniques, et spécialement pour ceux d'ordre élevé, une impédance très faible, et cela contribue à déformer sérieusement les courbes.

Méthode de mesure par inductance variable ou compensation du déphasage. — La capacité à air étant placée comme précédemment dans le circuit gros fil du wattmètre, on annule la déviation au moyen d'une réactance variable introduite dans le circuit fil fin. L'échantillon de câble ayant une capacité voisine de celle du condensateur est ensuite mise à la place de la capacité dans le circuit gros fil et un nouveau réglage de la self effectué dans le but d'annuler la lecture. Des valeurs de la réactance correspondantes aux deux mesures on peut déduire le facteur de puissance.

Méthode du wattmètre combinée avec des résistances. — L'emploi de résistances en série peut être réalisé de deux façons. Premièrement dans le but de remplacer purement et simplement le transformateur en conservant la capacité à air comme moyen de compensation. Dans ce cas la façon de procéder et les résultats que l'on obtient ressemblent beaucoup à ceux de la méthode précédente.

On peut également remplacer à la fois le transformateur et la capacité à air, en connectant directement le circuit haute tension à l'enroulement fil fin du wattmètre à travers les résistances le fil fin pouvant être mis en

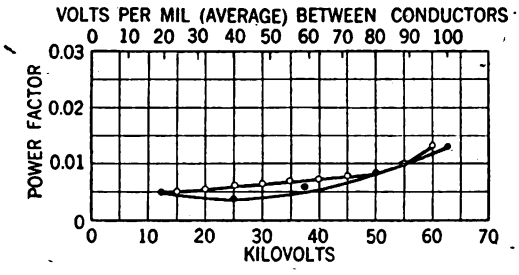


Fig. 11.

Mesures comparatives du facteur de puissance faites sur le même échantillon dans deux laboratoires différents avec des méthodes différentes.

parallèle avec une partie de celles-ci. Une telle résistance devra être invariable, être bien isolée et présenter une réactance négligeable. Pour les très hautes tensions une telle résistance doit nécessairement être très importante et il y a lieu de se préoccuper de sa protection au moyen d'écrans statiques; dans certains cas on utilise des colonnes liquides. Le facteur de puissance correspondant à l'isolement du câble est déduit des constantes de l'en-

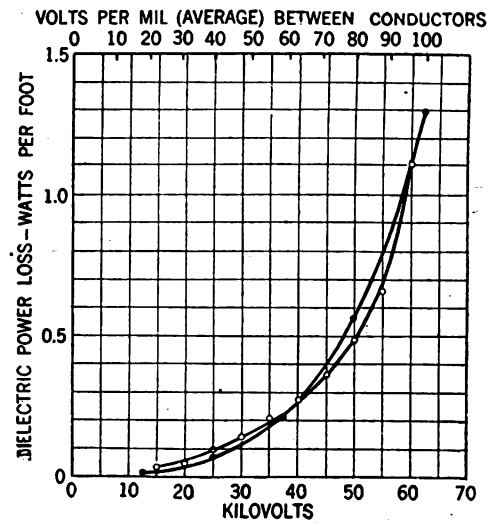


Fig. 12.

Mesures comparatives des pertes déterminées sur le même échantillon que précédemment dans deux laboratoires différents.

semble du circuit dans lequel entre la colonne liquide elle-même; il importe donc de déterminer dans chaque cas la valeur de cette résistance. En réalité cette méthode n'est pas à l'abri de toute critique, en particulier la capacité de la résistance par rapport au sol peut être importante.

Cette méthode a été appliquée à la mesure des pertes

Digitized by Google

par effet corona. La résistance liquide était convenablement protégée et les erreurs introduites par la capacité de celle-ci étaient éliminées en faisant varier la résistance; ce résultat pouvait être obtenu en faisant varier le débit, ce qui entraînait une variation de la température

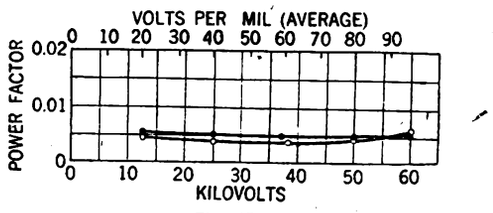


Fig. 13.

Mesures comparatives du facteur de puissance faites dans deux laboratoires différents sur le même échantillon.
• Wattmètre compensé.
○ Compensation de déphasage, inductance variable.

et partant de la résistance, la capacité de celle-ci restant invariable.

D'un ensemble de mesures faites à des résistances différentes on déduisait l'influence de la capacité; il était possible ensuite d'en tenir compte.

Des mesures ont été faites à l'aide de cette méthode et au moyen du wattmètre compensé; les résultats comparatifs sont mis en évidence sur les courbes 4, 5, 6, 7.

En prenant suffisamment de précautions, les mesures de facteurs de puissance faites par ces deux méthodes ont donné des résultats qui diffèrent entre eux d'environ 0,004 dans le cas d'une portion de câble (fig. 4 et 5) et de 0,005 dans le cas de la capacité (fig. 6 et 7); cette concordance n'existe d'ailleurs plus aux basses tensions. Dans l'ensemble, l'emploi de résistances liquides, qui à première vue semble conférer une certaine garantie aux résultats, ne se révèle pas à l'usage bien supérieur à l'utilisation pure et simple de transformateurs de mesure combinés avec la capacité à air.

Méthode de wattmètre à résonance. — Cette méthode qui dans certains cas est susceptible de rendre des services, serait d'une application difficile dans le cas de la mesure des pertes dans l'isolant des câbles à cause de la grande variété de capacité correspondant aux différents échantillons. De plus, la détermination rigoureuse des pertes provenant de l'inductance, pertes à retrancher des indications du wattmètre, complique sérieusement les mesures.

Détermination de la tension et du courant. — Dans les méthodes décrites précédemment, la tension et le courant doivent être mesurés, car les pertes sont fonction de cette tension, et d'autre part la détermination du facteur de puissance ne peut se calculer qu'à l'aide des pertes en watts et du produit volts-ampères.

La tension peut être assez facilement connue à l'aide d'un voltmètre du type portatif, la haute tension étant réduite à l'aide d'un transformateur de potentiel.

Le courant en général très faible sera de préférence mesuré avec un appareil électrodynamique de grande sensibilité à prévoir, cet instrument étant indépendant, à moins que l'on utilise le wattmètre en reliant son circuit fil fin à un shunt convenable, lui-même en série avec le circuit gros fil.

Les méthodes décrites précédemment n'ont été envisagées que dans le cas de mesures faites sur des circuits monophasés; celles-ci se compliquent en effet lorsqu'on veut les appliquer à des circuits triphasés. On opère généralement de deux manières :

1° Mesure directe au moyen d'une alimentation triphasée.

2° Déduction des résultats en triphasé des mesures faites en monophasé.

Une façon assez simple de déduire les pertes consisterait à mesurer la puissance fournie à un transformateur, du côté d'une basse tension lorsque la haute tension est connectée au câble. Si de cette première mesure on retranche les pertes à vide dans les mêmes conditions, la différence donne les pertes dans l'isolement. Malheureu-

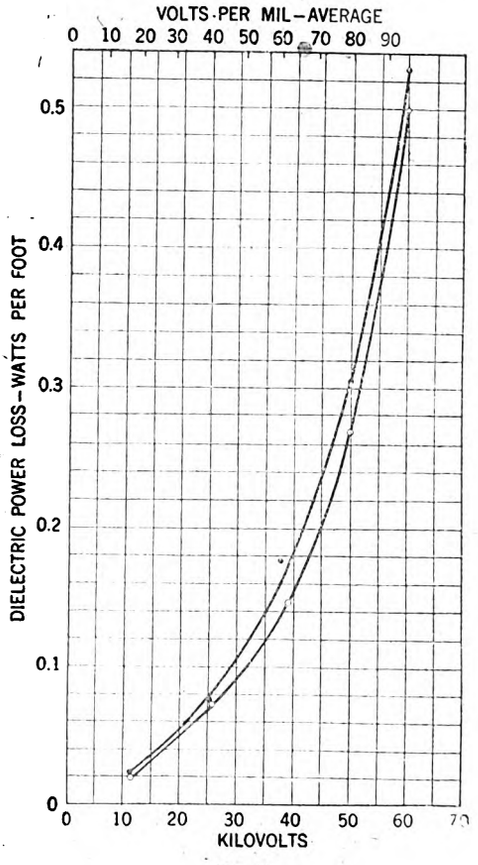


Fig. 14.

Comparaison de mesures faites dans deux laboratoires différents sur les pertes dans un même diélectrique formé par l'isolant en papier d'un câble à un conducteur isolé.

sement ces pertes à vide sont souvent si faibles qu'elles sont difficilement mesurables.

On est donc obligé d'avoir recours aux mesures directes sur la haute tension. Cependant, bien que le procédé de compensation décrit précédemment soit encore appli-

Digitized by Google

cable, il y a lieu de formuler certaines réserves, car le circuit gros fil du wattmètre doit être placé entre le neutre connecté à la terre et chaque phase haute tension séparément.

De sorte que les courants de capacité dus au circuit haute tension et aux circuits haute et basse tension l'un par rapport à l'autre traversent cet enroulement sans passer par le câble ou par la capacité à air. Dans le cas de petits transformateurs les erreurs ainsi causées sont faibles, mais si l'on a affaire à des transformateurs importants il est indispensable de recourir aux écrans. La figure 8 illustre les erreurs que l'on peut commettre sur le facteur de puissance dans ces conditions.

La méthode consistant à effectuer les mesures en monophasé a l'avantage d'être plus simple et de présenter plus de garantie quant aux résultats. Le principal reproche que l'on puisse adresser à ce procédé est de ne pas s'adresser à des conditions normales de service. Des comparaisons faites entre les résultats obtenus par ces deux méthodes ont généralement prouvé une parfaite concordance, ainsi que le font ressortir les courbes (fig. 9 et 10), bien que celles-ci aient été établies dans des laboratoires différents et sur deux échantillons de même longueur pris sur un même câble. Les figures 11 et 12 représentent également les résultats des mesures faites sur ces mêmes échantillons dans ces mêmes laboratoires. Si l'on admet que les deux méthodes sont susceptibles de la même précision on peut conclure de l'examen de ces courbes que les résultats obtenus, soit par l'une, soit par l'autre méthode, s'écartent de la vraie valeur d'environ 10 à 20 pour 100.

Précision de la mesure. — Ne disposant pas de moyens absolus pour déterminer le degré d'exactitude de ces mesures il est commode d'avoir recours au procédé de comparaison. Il en a été fait usage précédemment pour comparer la méthode wattmétrique et la méthode du pont.

Il ne faut d'ailleurs pas s'étonner d'enregistrer des écarts qui évalués en pour cent d'une valeur moyenne peuvent atteindre 20 pour 100, ceci arrive fréquemment dans l'expression de ces différences entre valeurs aussi petites. D'une façon générale les résultats comparés des valeurs absolues sont assez concordants et c'est surtout ce qui importe.

Les figures 13 et 14 se rapportent aux résultats de mesures faites sur le même échantillon, dans des laboratoires différents et par des méthodes différentes.

Les mesures de pertes font ressortir une différence de 0,02 à 0,1 w et le facteur de puissance est déterminé à 0,001 près sur 0,005, soit un écart de 10 pour 100 environ par rapport à la valeur moyenne. Les courbes 9 à 12 enregistrent les mêmes erreurs.

Conclusion. — Ce genre de mesures est aujourd'hui pratiquement réalisable sans trop de difficultés et les résultats que l'on obtient sont susceptibles de donner des renseignements précieux sur les qualités électriques du matériel isolant employé. Ce qu'il importe surtout c'est d'établir des comparaisons ainsi qu'il a été fait dans les cas envisagés plus haut. A ce point de vue on en est encore à chercher un étalon convenable auquel il serait possible de ramener toutes ces évaluations de pertes ainsi que le facteur de puissance. L'auteur du présent article regrette que l'attention des expérimentateurs n'ait pas été retenue par la méthode calorimétrique qui cependant avait déjà été employée avec succès. Enfin, quoique ces essais appliqués aux câbles soient plus compliqués que lorsqu'il s'agit d'isolants en plaques, on a pu constater que dans ce domaine encore les résultats obtenus étaient pleins d'enseignements et l'on peut dire que les chances de développement de ces méthodes sont dignes des efforts que l'on voudra bien y consacrer.

E. H.

QUELQUES ASPECTS DE LA QUESTION DES APPELS SIMULTANÉS DANS UN MÊME CENTRAL EN TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE

La littérature actuelle en téléphonie manuelle ou automatique, en dehors de quelques rares ouvrages de valeur (1), *sacrifie trop souvent les considérations économiques au profit des questions de techniques pure. Or, si celles-ci sont captivantes, celles-là ne sont pas d'un moindre intérêt, et il nous a semblé intéressant d'exposer cette face du problème à ceux de nos lecteurs qui n'auraient pas encore eu l'occasion de la rencontrer. Elle est d'ailleurs toute d'actualité, à la veille où nous sommes de voir se transformer progressivement en matériel automatique, notre lamentable réseau parisien de téléphonie manuelle.*

L'importance économique de la question apparaît nettement si avec le plus élémentaire bon sens, on admet que, dans chaque central téléphonique, il ne peut exister un organe de jonction entre abonnés, pour chacun de ceux-ci. Cela reviendrait à installer de ces organes en nombre égal à la moitié du nombre total des abonnés. Or, s'il existe des heures de trafic intense, il en est aussi de faible trafic, qui, dans les conditions précédentes laisseraient inoccupé un matériel important représentant un capital mort élevé. Il convient donc, pour chaque installation particulière, de procéder au préalable, à une étude économique déterminant le nombre optimum d'organes de jonction à prévoir, en laissant au point de vue technique le soin d'en fixer la mode de réalisation.

C'est ce que nous nous proposons de montrer ici en détail.

(1) Pomey, *Téléphone et statistique.* Raymond-Bonin, *Téléphonie automatique.*

Digitized by Google

I. — Introduction.

Le cinquantenaire de l'invention du téléphone a été fêté en Amérique le 10 mars 1926. Mais dans les légitimes manifestations d'admiration pour l'inventeur, qui ont eu lieu, on a semblé ne pas voir que son œuvre, pourtant admirable en elle-même, n'aurait trouvé que des applications très limitées, sans le secours de perfectionnements beaucoup plus récents, telles que la fonction rapide d'un circuit téléphonique avec un autre, et la possibilité d'établissement de plusieurs jonctions simultanées. Dans bien des cas d'ailleurs, la seconde possibilité n'est qu'un aboutissement naturel de la première, mais il apparaît tout de même que leur importance pratique à toutes deux n'est pas sensiblement inférieure aux grands travaux du savant Alexandre Graham Bell.

Si la jonction rapide entre deux circuits téléphoniques, ou, plus objectivement, entre deux abonnés, ne rentre pas dans le vrai cadre de cette étude, elle le touche indirectement, comme nous le verrons plus loin. En tout cas, la jonction simultanée de plusieurs circuits est la base même des développements qui vont suivre et qui touchent toutes les branches de la téléphonie qui ont à résoudre le cas où plusieurs appels se produisent ensemble, dans un même central. Son adaptation à la téléphonie automatique est pratiquement plus restreinte; mais il semble préférable d'aborder en premier lieu la question sous son point de vue le plus général.

Lorsqu'un abonné désire entrer en communication avec un autre abonné relié au même central, la jonction s'effectue au moyen de dispositifs d'intercommunication simples. Mais, dans ce cas général, les abonnés dépendent de centraux différents reliés entre eux par des lignes auxiliaires, et dont l'emplacement et l'importance sont réglés par des considérations économiques. Dans les installations à tableaux dits « Monocordes », par exemple, chaque ligne d'abonné aboutit à la fois sur un jack et sur un cordon terminé par une fiche; en sorte qu'il peut être établi des liaisons simultanées en nombre égal à la moitié de celui des abonnés. Mais, dans les centraux plus importants, les abonnés utilisant leurs appareils au même instant, sont moins nombreux. Les dispositifs d'interconnexion sont alors basés sur ce fait qui a largement contribué au développement pratique du téléphone. L'économie de cette industrie serait certainement très différente, si la moyenne des abonnés n'était pas si peu souvent en communication.

Une des branches les plus importantes en téléphonie sera donc l'étude du trafic entre abonnés, en bloc, d'abord, et en détail ensuite, avec, comme conséquence pratique, la recherche des procédés les plus économiques, pour l'assurer dans les meilleures conditions possibles.

L'aspect du problème n'est pas le même en téléphonie manuelle et en téléphonie automatique. Dans le premier cas, le demandeur d'un central est relié au demandé par l'un des jacks multipliés de ce dernier, s'il dépend du même central, et, en outre, s'il est libre. Si le demandé dépend d'un autre central, la liaison s'effectue par une ligne auxiliaire entre les deux centraux intéressés, et par l'intervention d'un second opérateur, au central du demandé. Il peut advenir alors, que, faute de ligne auxiliaire disponible, la communication ne puisse être donnée, même si le demandé est libre. Le processus reste le même, s'il y a lieu de passer par plusieurs centraux, qui doivent alors être reliés deux à deux par lignes auxiliaires.

Dans certains centraux, les jacks d'abonnés ne sont pas multiples sur les différentes tables d'opératrices; la jonction de deux abonnés s'effectue alors par ligne auxiliaire entre opératrices du même bureau. D'autres

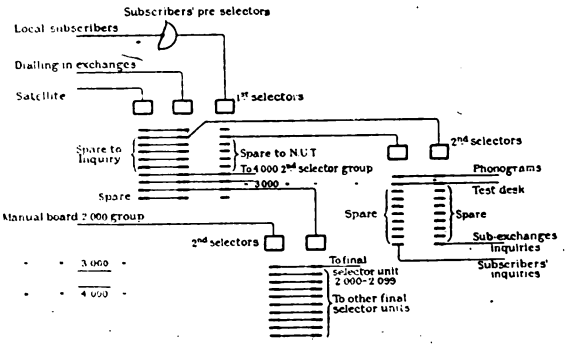


Schéma de l'automatique.

bureaux ne sont pas directement reliés, et doivent passer un ou plusieurs centraux intermédiaires pour se toucher. Ces cas sont d'ailleurs assez rares, et, d'une façon générale, on peut affirmer que deux abonnés d'un même bureau peuvent toujours être reliés sur la demande l'un, à condition que l'autre soit libre à cet instant; tandis que deux abonnés de centraux différents risquent davantage ne ne pas se toucher, faute de ligne auxiliaire disponible (y compris les lignes spécialisées au départ et à l'arrivée). Enfin, il peut se produire, aux jacks d'arrivée des multiples, des retards dans les réponses aux appels, par suite d'un trop grand affairement de l'opératrice intéressée.

Dans un central automatique, les appels ne s'effectuent pas directement. Sur la figure, se rapportant au système Strowger, on distingue la marche par étages successifs. Au décrochage de l'appareil d'un abonné, le présélecteur auquel il est relié se met à la recherche d'un premier sélecteur libre.

Lors du numérotage du premier chiffre, ce sélecteur ascensionne d'un nombre de bancs de contacts correspondant, et recherche de lui-même un deuxième sélecteur libre; lors du numérotage du second chiffre, ce sélecteur monte d'un nombre d'étages correspondant à ce chiffre, et cherche un troisième sélecteur libre (connecteur) qui, par numérotation des troisième et quatrième chiffres reliera le demandeur au demandé si celui-ci est inoccupé.

Dans ce cas relativement simple, on aperçoit trois causes possibles d'arrêt dans l'établissement de la com-

Digitized by Google

munication (non compris l'éventualité du demandé déjà occupé, qui sont situés : *a*) entre le présélecteur et les premiers sélecteurs; si tous ceux-ci dépendant de celui-là sont déjà pris; *b*) entre les premier et deuxième sélecteurs, pour la même raison; *c*) entre les deuxième et troisième sélecteurs, pour la même raison encore. Dans le cas *a*) étant donné que chaque présélecteur, cherche en permanence un premier sélecteur libre, il suffit à l'abonné d'attendre quelques instants pour bénéficier du premier de ces organes disponibles; dans les cas *b*) et *c*), la recherche ne s'effectue plus en permanence et l'appel doit être refait jusqu'à ce que l'un de chacun de ces organes soit libre.

La différence de processus entre les exploitations manuelle et automatique est donc très marquée. Quoique, à première estimation, le manuel semble plus souple que l'automatique, il convient de remarquer que le nombre des appels perdus par défaut d'appareils sélecteurs disponibles peut être abaissé à volonté, et qu'il se trouve pratiquement inférieur au nombre d'appels perdus par l'occupation du demandé. A ce point de vue, il est probable que l'abonné ne notera aucune différence dans le passage de l'exploitation manuelle à l'exploitation automatique. Si, par ailleurs, l'appel est annulé faute de sélecteur libre, dans la grande majorité des cas, il sera répété plusieurs fois, à faibles intervalles de temps, de la même façon qu'un abonné manuel rappelle fréquemment son opératrice après un premier échec.

La conclusion de ce rappel de principes connus est que le problème de la jonction, en téléphonie automatique, revient au calcul du nombre d'organes commutateurs (intérieurs ou extérieurs) nécessaires à assurer le trafic dans des conditions variables, et à l'organisation du matériel et du câblage de façon telle que, tout en garantissant la capacité du trafic maximum, les extensions soient rendues faciles et rapides. En corollaire, s'ajoutent les mesures d'intensité de trafic, de surcharges, et la possibilité de suivre l'acheminement des appels dans les centraux (1).

II. — Définition des termes.

La jonction entre deux lignes téléphoniques étant intimement liée au trafic, ainsi que nous venons de le voir, il est utile de s'arrêter en premier lieu à l'étude de ce trafic. Mais, comme les données fondamentales s'y rapportant sont publiées dans de nombreux ouvrages et d'autre part, déjà connues, nous n'en rapporterons ici qu'un résumé succinct. Il convient de rappeler, qu'en automatique, le temps nécessaire à l'émission d'un appel, c'est-à-dire au numérotage, prend la même importance économique que le temps de durée de la conversation elle-même, puisque les organes commutateurs sont utilisés au même titre, au cours des deux opérations. A cet égard, la British Engineering Standards Association a adopté un terme dénommé « constante de trafic » qui lie le nombre des communications à leur durée moyenne. Il est d'ailleurs à remarquer que B. E. S. A. n'en donne pas la définition qui pourrait être celle-ci : « L'importance du trafic écoulé en heure par un circuit constamment occupé ». Il en découle immédiatement que cette grandeur exprime le rendement du circuit considéré. Un circuit dont la constante de trafic est de 0,4, par exemple, possède un rendement de 40 pour 100, c'est-à-dire ne travaille que 24 minutes par heure. Qu'il soit possible ou non d'améliorer ces chiffres n'importe pas pour l'instant; l'essentiel est d'abord de rechercher le travail fourni par le circuit, comparativement à sa capacité d'utilisation maximum.

Les définitions actuelles et explications complémentaires données par la B. E. S. A., relativement à la constante de trafic sont les suivantes :

Constante de trafic téléphonique. — Facteur exprimant la capacité de trafic d'une installation téléphonique.

Si : A est la constante de trafic;

C le nombre des communications établies pendant une période déterminée (l'heure la plus chargée, à moins d'autre spécification);

T le temps de durée moyenne des communications, exprimé en fraction de la période considérée,

on peut écrire :

$$A = C \times T.$$

On peut considérer A comme exprimant :

a) Le temps total d'occupation du circuit écoulant C communication d'une durée moyenne unitaire T.

b) Le nombre moyen de communication se succédant à intervalle de temps T, pendant la période totale considérée.

c) Le nombre moyen de communications simultanées pendant la période considérée.

a) est une autre expression de la définition première.

b) s'en déduit immédiatement, car, si le nombre des communications établies en 1 heure est C, la moyenne pendant un temps déterminé T heures, est $C \times T = A$.

c) s'établit comme suit :

Soit N le nombre des appels simultanés à un instant quelconque; la moyenne pendant un temps P (heures) sera $\frac{1}{P}\int_0^P N\,dt$, t étant exprimé en heures. Si l'on prend $P = 1$ heure, cette expression devient $\int_0^1 N\,dt$ qui représente nettement le temps total d'occupation du circuit pour l'écoulement des appels parvenus en 1 heure, c'est-à-dire, par définition, la constante de trafic.

L'auteur insiste sur ce dernier point pour les deux raisons suivantes :

1. La mesure du trafic des réseaux anglais est basée sur cette forme de définition.

2. Il semble souvent que cette forme donne seulement une expression approchée, et non pas rigide. Il est d'ail-

(1) *The Journal of Institution of the Electrical Engineers*. Vol. 65, n° 362, février 1927.

Digitized by Google

leurs exact que les méthodes de mesure du nombre moyen d'appels simultanés ne sont qu'approchées ; l'estimation du trafic d'un groupe de 10 organes de commutation, par exemple, est rigoureusement égal au nombre moyen de ces organes simultanément en service.

Si l'on mesure le trafic pendant 1 heure en comptant le nombre des organes en service, à intervalles de 3 minutes, et en divisant leur somme par 20, $(3 \times 20 = 60)$ l'approximation du nombre moyen des communications simultanées est très poussée; elle pourrait l'être encore davantage en réduisant les intervalles de comptage à 1 minute, et en divisant la formule obtenue par 60. Mais il est important de se souvenir que l'approximation se rapporte à la mesure de moyennes, et non à la conversion d'une moyenne en constante de trafic.

La connaissance des dimensions physiques d'une constante de trafic, n'est pas sans intérêt. De son mode de calcul, on en déduit qu'elles sont de même nature que celles d'une communication, car C (nombre d'appel par heure) possède les dimensions $\frac{\text{communication}}{\text{temps}}$ et T celle d'un temps. Ceci est d'ailleurs confirmé par la forme de définition *c*) précédente.

Si l'on admet qu'une communication n'a pas de dimension propre, le trafic mesuré par sa constante n'en possède pas davantage et n'a que la forme d'un simple nombre.

Il est encore un point intéressant à signaler ici : il est net que la constante de trafic exprime une intensité plutôt qu'une somme, ou un total. Considérons, par exemple, 200 communications d'une durée unitaire moyenne de 5 minutes, représentant l'occupation totale d'un circuit pendant 10 heures. Supposons que tous les appels se produisent en 1 heure seulement; la constante de trafic est alors de 10, et le nombre moyen des appels simultanés de 10 également. Si, d'autre part, les appels sont répartis sur une période de 5 heures, la constante de trafic et la moyenne précédentes descendent à 2. Le trafic total est identique dans les deux cas, mais il est réparti sur 5 heures dans le second et sur 1 heure dans le premier; l'intensité de trafic est donc 5 fois plus grande dans le premier cas que dans le second. Il n'a pas été créé d'unité spéciale définissant le trafic total, et il semblerait souhaitable d'adopter à cet égard l'expression de « constante de trafic horaire » toutes les fois qu'il peut y avoir chance de confusion dans un exposé.

Un dernier terme demandant à être concrétisé est celui qui exprime la « qualité d'un service téléphonique » par la proportion des appels restés sans réponse par suite de manque d'organes de commutation disponibles. L'organisation d'un service téléphonique doit être basée sur un compromis entre le désir de donner satisfaction aussi rapidement que possible à chaque abonné, et le besoin économique d'abaisser le plus de revient de ce service à une valeur acceptable. Le Post Office anglais admet 1 appel sans effet immédiat, sur 500 demandes par heure de gros trafic, à chaque étage de commutation, avec cette prévision supplémentaire que si le trafic augmente encore temporairement de 10 pour 100, la qualité du service ne doit par tomber au-dessous de 1 pour 100. Cette tolérance est imposée par le fait bien connu que les surcharges temporaires sont plus facilement supportées par les groupes importants de connecteurs, que par les groupes plus faibles. Dans les cas spéciaux de petits groupes, avec jonctions extérieures dont l'équipement est souvent très onéreux, la tolérance sur la qualité du service doit être augmentée.

(*A suivre.*) J. H.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 14 février 1927.

Appareil à lecture directe pour la mesure des champs magnétiques. Gaussmètre, par M. Gaston Dupouy.

On peut mesurer l'intensité d'un champ magnétique par une simple lecture sur un cadran gradué en utilisant un appareil fondé sur le principe suivant : Un cristal mobile autour d'un axe convenablement choisi et placé dans un champ magnétique uniforme est soumis à un couple proportionnel au carré du champ qui tend à l'orienter. On oppose à ce couple un couple antagoniste dû à la torsion d'un fil ou à un ressort spiral. Pour chaque valeur du champ, il y a une position déterminée d'équilibre.

J'ai utilisé jusqu'à présent du carbonate de fer cristallisé (sidérose d'Allevard). Ce cristal, rhomboédrique possède en effet l'avantage d'avoir une anisotropie particulièrement marquée : la différence des coefficients principaux d'aimantation a pour valeur

$$\chi_1 - \chi_2 = 47,89.10^{-6} \text{ à } 16^\circ,7\,\text{C.}$$

L'axe géométrique de rotation de l'appareil est disposé perpendiculairement au plan contenant l'axe ternaire du cristal et la direction des lignes de force; soit dans ces conditions θ_0 l'angle que forme l'axe du cristal, sous la seule action du spiral, lorsque le champ n'est pas établi, avec la direction que prendront les lignes de force lorsqu'on l'établira. Quand on fait agir le champ, le cristal tourne d'un angle ρ. Son axe fait maintenant avec les lignes de force un angle $\theta = \theta_0 - \rho$ et l'on sait que dans ces conditions on aura

$$(1) \qquad \frac{1}{2} m H^2 (\chi_1 - \chi_2) \sin 2(\theta_0 - \rho) = C\rho,$$

où m désigne la masse du cristal; H, l'intensité du champ magnétique et C, la constante de torsion du spiral. La valeur de ρ s'obtient par exemple graphiquement en cherchant le point d'intersection de la sinusoïde

$$(2) \qquad y_1 = \sin 2(\theta_0 - \rho)$$

avec la droite

$$(3) \qquad y^2 = \frac{2C\rho}{m H^2 (\chi_1 - \chi_2)}.$$

On voit qu'il y a dans l'équation (1) une constante arbitraire θ_0. En modifiant à volonté la position initiale du cristal, on peut donc changer la valeur de l'angle ρ qui correspond à l'équilibre. D'où la possibilité d'obtenir différentes graduations, avec des régimes variables dans la sensibilité de l'appareil.

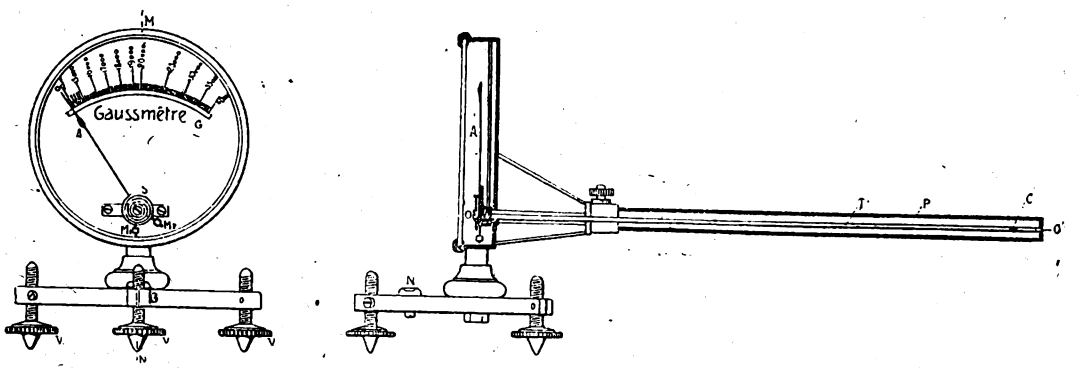
Digitized by Google

Description : Le cristal est fixé à l'intérieur d'un tube T portant deux chapes placées à chaque extrémité et mobiles sur deux pointes coniques O, O'. La potence P, au bout de laquelle est fixé l'un des pivots O', se compose d'un simple tube de laiton sur la moitié duquel on a taillé un méplat, laissant ainsi apparaître à l'intérieur le tube T. L'épaisseur de ce méplat est telle que la potence, dans cette région, déborde légèrement de part et d'autre du tube T assurant ainsi sa protection; elle est cependant assez faible (3 mm environ) pour que l'appareil puisse être utilisé dans la mesure des champs d'électro-aimants produits dans des entrefers étroits.

Le tube T porte enfin une aiguille A fixée sur lui par un collier de serrage et deux petites masselottes M et M' permettent de placer le centre de gravité de l'équipage mobile sur l'axe de rotation OO', en vue d'éviter toute action orientante due à la pesanteur. L'aiguille se déplace devant un cadran gradué G; dans sa rotation, elle entraîne le spiral S. L'appareil tout entier est supporté par trois vis calantes V et un niveau à bulle N permet de lui donner une orientation initiale déterminée.

L'appareil est gradué par comparaison avec les indications données par un fluxmètre, étalonné lui-même, avec sa bobine d'exploration, au moyen d'un champ mesuré initialement en valeur absolue en utilisant la balance de M. Cotton.

Les avantages de l'appareil résultent de ce que la lecture directe permet de faire les mesures très rapidement. On peut très vite explorer, point par point, un champ magnétique



Gaussmètre Dupouy.

lorsque celui-ci est intense; car alors on peut employer un cristal tout petit. (Dans l'appareil présenté, le cristal a la forme d'un cylindre de 2,5 mm de diamètre et de 3 mm de longueur.) Cet appareil pourrait de même être utilisé, en fixant au besoin un miroir sur l'axe, pour enregistrer les variations d'un champ magnétique.

Il a actuellement l'inconvénient que les lectures doivent subir une correction de température. Le couple magnéto-cristallin, dans le cas de la sidérose, décroît en fonction de la température. [On peut admettre, autour de 17°, un taux de variation de 0,7 pour 100 par degré (1)]. Je pense qu'on pourra s'affranchir de cette correction en associant au besoin deux cristaux ayant des variations thermiques opposées. J'ai trouvé en effet que l'oligiste Fe^2O^3 est soumise dans un champ magnétique à un couple qui croît quand la température s'élève.

Remarques sur la Communication précédente de M. G. Dupouy, par M. A. Cotton.

Je mets sous les yeux de l'Académie un des appareils que M. Dupouy a étudiés et étalonnés dans mon Laboratoire : ce modèle a déjà été utilisé cette année pour déterminer la topographie des champs donnés par le modèle réduit du gros électro-aimant que l'Académie des Sciences fait construire actuellement. L'instrument de M. Dupouy a été très utile au cours de ces mesures que j'ai faites cette année à Bellevue.

On peut utiliser les phénomènes magnétocristallins dans d'autres mesures électriques. Tout d'abord la mesure des *inductions* dans des échantillons de fer pourra se faire évidemment en utilisant des appareils fondés sur le même principe : la mesure d'une induction peut en effet être ramenée à la mesure d'un champ. Je pense d'autre part que l'on pourrait mesurer les intensités de courant *très intenses* en mesurant directement le champ qu'ils produisent dans le voisinage immédiat des conducteurs où ils circulent.

(1) Cette valeur s'accorde sensiblement avec celle que l'on peut déduire des mesures faites précédemment sur la sidérose par G. Foëx.

Séance du 21 février 1927.

Sur les propriétés diélectriques des gaz ionisés, par MM. Henri Gutton et Jean Clément.

Il a été fait peu de recherches expérimentales sur les propriétés des gaz ionisés. Ives (1), Barton et Kilby (2), en ionisant le gaz par des rayons X ou du radium, n'ont pas observé de variation de la constante diélectrique; van der Pol (3), pour une ionisation beaucoup plus intense obtenue par des décharges dans un tube à gaz raréfié, signale des cas de constante diélectrique inférieure à l'unité. Ces recherches ont été faites en utilisant les oscillations amorties des étincelles.

Étant donné l'intérêt que présente cette question pour l'étude de la propagation des ondes électromagnétiques dans la haute atmosphère, nous nous sommes proposé d'entreprendre des mesures en nous servant d'oscillations entretenues et de séparer les effets de l'ionisation sur la période et sur l'amortissement d'un résonateur.

Après divers essais nous nous sommes arrêtés à la disposition suivante. Un résonateur de longueur d'onde 408,5 cm est constitué par deux lames de cuivre ($20,2 \times 4$ cm) distantes de 4 cm et réunies par un fil de cuivre de 92 cm de longueur, au milieu duquel est intercalée une soudure thermoélectrique reliée à un galvanomètre. Au voisinage de ce résonateur est disposé un oscillateur à triode dont on peut faire varier la longueur d'onde. On observe les déviations du galvanomètre pour diverses longueurs d'onde que l'on mesure sur une ligne couplée à l'oscillateur. On peut donc tracer la courbe de résonance du résonateur et connaître sa période d'oscillation sans amortissement et son amortissement.

Parallèlement aux plus longs côtés des armatures de son condensateur, est disposé un tube de verre de 4 cm de diamètre dans lequel on fait passer une décharge pour ioniser le gaz qu'il contient. Deux anneaux de papier d'étain collés à l'extérieur du tube servent d'électrodes, ils sont reliés à une

(1) J. E. Ives, *Phil. Mag.* 25, 1913, p. 702.
(2) E. J. Barton et W. B. Kilby, *Phil. Mag.*, 26, 1915, 567.
(3) Balth. van der Pol, *Thèse*, 1920, Utrecht.

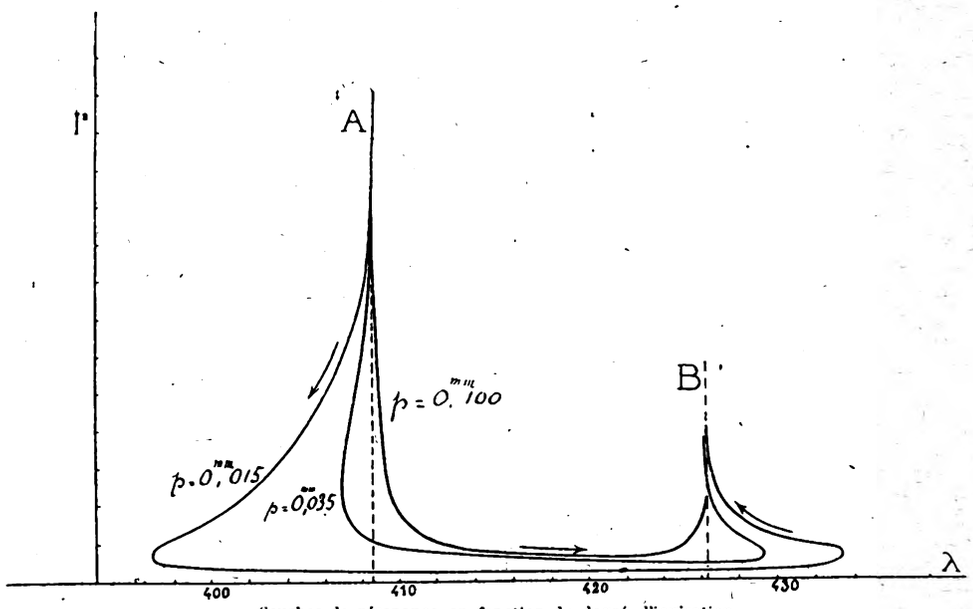
Digitized by Google

bobine couplée à un second oscillateur plus puissant que le premier et dont la longueur d'onde est 115 m; ses oscillations sont sans effet sur le résonateur. On modifie l'ionisation soit en changeant le chauffage des triodes, soit en accordant plus ou moins exactement l'oscillateur sur le circuit du tube à décharge. Ce tube était vidé au moyen d'une pompe à vapeur de mercure; on y introduit de l'hydrogène avec un osmorégulateur et l'on mesure la pression à la jauge.

Pour diverses pressions et diverses ionisations, nous mesurons la longueur d'onde sur laquelle le résonateur est accordé et le courant de résonance. La figure représente des courbes tracées à pression constante et pour des ionisations croissant dans le sens indiqué par des flèches. On a porté en abscisses les longueurs d'onde de résonance et en ordonnées le carré du courant de résonance. Le relevé des courbes de résonance relatives à quelques points du diagramme a montré que des courants de résonance égaux correspondent à des amortissements égaux.

Le point A est obtenu lorsque le gaz n'est pas ionisé. Le point B est celui vers lequel convergent les courbes pour une ionisation très grande et une conductibilité parfaite du gaz.

Aux plus basses pressions de faibles ionisations diminuent



Courbes de résonance en fonction du degré d'ionisation.

la longueur d'onde du résonateur et cette diminution indique une décroissance apparente de la constante diélectrique au-dessous de l'unité. La théorie de Eccles (1) explique cette diminution en faisant seulement intervenir, pour déterminer le mouvement des particules électrisées dans le champ électrique oscillant, l'inertie de ces particules.

En augmentant l'ionisation la longueur d'onde passe assez brusquement à une valeur plus grande que celle qui correspond au gaz fort ionisé, indiquant ainsi une augmentation de la constante diélectrique. Le passage se fait par des ionisations qui provoquent un très fort amortissement du résonateur. On ne peut l'expliquer qu'en faisant intervenir des forces quasi élastiques, qui pourraient résulter des actions mutuelles des ions et des mouvements qu'elles provoquent. Lorsqu'on atteint l'ionisation pour laquelle elles compensent les forces d'inertie, le signe de la différence de phase entre la force électrique et l'élongation des oscillations des grains électrisés s'inverse, ce qui change le sens de la variation de la constante diélectrique. L'amplitude des oscillations devient alors très grande et provoque le fort amortissement du résonateur que l'on observe. Enfin aux plus fortes pressions, ce sont les forces analogues aux frottements qui ont une influence prépondérante et l'on trouve des courbes de même forme que celles que l'on obtiendrait pour une solution électrolytique de concentration croissante.

Propriétés magnétiques du pyrophosphate de manganèse à diverses températures, mesure du moment de l'ion Mn″, par M. G. Foëx et Mlle A. Brunet.

Des travaux récents ont montré que le moment magnétique d'un ion déterminé peut prendre diverses valeurs, différant entre elles d'un petit nombre de magnétons de Weiss (4). L'ion Co″ par exemple prend, suivant les circonstances, des moments égaux à 23, 24, 25 (2) ou 26 (3) magnétons.

Pour l'ion Mn″ on a signalé au moins deux états magnétiques: l'un, à 28 magnétons (4), a été rencontré dans les solutions de chlorure et de nitrate; l'autre, à 29, existe dans le sulfate manganeux à $4H^2O$ et dans le sulfate anhydre (5).

Espérant trouver d'autres états de l'ion Mn″ nous avons entrepris une nouvelle étude magnétique des sels de manganèse comportant la mesure des coefficients d'aimantation à diverses températures en vue du calcul des moments atomiques et des points de Curie θ.

La présente Note contient les résultats relatifs au pyrophosphate de manganèse $P^2O^7Mn^2$.

Parmi les sels de manganèse ce composé présente un intérêt particulier parce qu'il est utilisé de façon courante comme étalon de susceptibilité magnétique (6) et que jusqu'ici son coefficient de température n'était pas bien connu, ce qui obligeait à faire les mesures de comparaison toujours à la même température.

L'échantillon dont nous avons étudié les propriétés magnétiques provient d'un stock de pyrophosphate que R. Forrer a préparé à partir d'un sulfate de manganèse très pur, en sui-

(1) W. H. Eccles, *Proc. Roy. Soc.*, 87, 1912, p. 79. — J. Larmor, *Phil. Mag.*, 48, 1924, p. 1026.

(1) Foëx, *Comptes rendus*, 180, 1925 p. 919.
(2) A. Chatillon, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 765.
(3) Mlle A. Serres, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 714.
(4) Cabrera et Duperier, *J. de Phys.*, 6e série, 6, 1925, p. 121.
(5) Kamerlingh Onnes et Oostherhuis, *Comm. Phys. Lab. Leiden*, n° 132c. — G. Foex. *Ann. d. Phys.*, 9e série, 16, 1921, p. 174. — P. Théodoridès, *J. de Phys.*, 6e série, 3, 1921, p. 1.
(6) G. Foex, *Ann. de Phys.*, 9e série, 16, 1921, p. 195.

Digitized by Google

vant la méthode indiquée par Treadwell (1). Ce stock permet de fournir aux laboratoires de recherches magnétiques un étalon de susceptibilité beaucoup plus magnétique que l'eau.

Le coefficient d'aimantation du sel en question a été déterminé en valeur absolue par R. Forrer et l'un de nous qui, en procédant par comparaison avec l'eau ($\chi = -0{,}720 \times 10^{-6}$), avons trouvé

$$\chi = 103{,}1 \times 10^{-6} \text{ à } 16°{,}1.$$

Dans tout l'intervalle de température exploré (— 80° à + 485°) le pyrophosphate suit la loi de Weiss $\chi(T - 0) = c$ avec la précision que l'on peut attendre des mesures. Le tableau suivant reproduit les résultats de l'une des séries d'expériences; χ_M représente le coefficient d'aimantation moléculaire corrigé du diamagnétisme de l'anion et T la température absolue.

t°C.	$\chi_M \cdot 10^4$.	$\chi_M (T + 22°{,}5)$.
22,0.	141,2	4,58
75,5.	122,9	4,56
129,5.	108,2	5,60
166,0.	98,2	4,53
180,5.	96,0	4,57
214,5.	89,5	4,57
245.	84,2	4,55
266.	81,6	4,58
309.	75,5	4,57
341.	71,8	4,57
485.	58,7	4,58

Cette série fournit pour 0 et la constante de Curie moléculaire C_M les valeurs

$$0 = -22°{,}5, \qquad C_M = 4{,}569.$$

On a calculé 0 en effectuant, pour diverses valeurs de cette constante, les produits $\chi_M (T - 0)$ et en conservant la valeur qui rend minimum l'écart moyen entre les produits individuels et leur moyenne.

Une autre série a donné

$$0 = -25°, \qquad C_M = 4{,}574.$$

Une troisième série de mesures que M. A. Châtillon a bien voulu effectuer sur un autre échantillon de pyrophosphate, en partant de la même valeur absolue à température ordinaire, a donné les mêmes résultats.

Les moments atomiques calculés à partir des deux déterminations de C_M sont

30,05 et 30,07 magnétons.

L'existence de l'ion Mn'' à 30 magnétons, qui n'avait pas encore été signalée, paraît établie par ces mesures.

Les propriétés magnétiques du pyrophosphate n'ont pas été altérées par un chauffage à 500°, par un refroidissement à — 80°, elles sont restées invariables au cours des 6 mois qui ont séparé nos deux séries de mesures. Ces diverses circonstances justifient le choix du pyrophosphate comme étalon de susceptibilité.

La valeur de 0 détermine le coefficient de température du pyrophosphate : χ, au lieu de varier en raison inverse de T (loi de Curie), varie en raison inverse de $T + 25°$.

Sur le paramagnétisme constant du vanadium pentavalent, par M. Nicolas Perrakis. (Note théorique, voyez les *Comptes rendus.*)

(1) Treadwell, *Analyse quantitative*. Dunod et Pinat, Paris, 1919. p. 121.

REVUE DE LA PRESSE

MESURES ÉLECTRIQUES

Nouveau microphotomètre enregistreur à cellule photoélectrique. (*Bulletin de la Société française de physique*, 4 février 1927.) — Dans un grand nombre de recherches de photométrie photographique, l'emploi d'un microphotomètre enregistreur est préférable à celui d'un microphotomètre ordinaire, car il permet une étude beaucoup plus rapide et beaucoup plus complète des clichés.

MM. P. Lambert et D. Chalonge ont établi un nouveau modèle de microphotomètre enregistreur à cellule photoélectrique. La disposition générale est analogue à celle des autres appareils de ce type, mais il offre cette particularité que le courant de la cellule est amplifié, au moyen d'un amplificateur à une lampe, soigneusement étudié et adapté à ce genre de travail. De cette façon, les fluctuations du courant de la cellule sont multipliées par un facteur constant dont la valeur moyenne est de l'ordre de 500, ce qui permet de les mesurer à l'aide d'un galvanomètre ordinaire robuste et de courte période (galvanomètre Chauvin et Arnoux, sensibilité 10^{-8} amp. par mm et 1 m).

Le principe de l'amplificateur est le suivant : le circuit de la cellule (comprenant la cellule et une batterie de piles de 150 v environ) est fermé sur une très grande résistance (ébonite recouverte de graphite) de l'ordre de 100 mégohms et cette résistance est intercalée entre la grille extérieure et le filament d'une lampe bi-grille peu chauffée, l'anode de la cellule étant reliée à la grille. La grille intérieure est portée à un potentiel de 5 v et la plaque à un potentiel d'environ 15 v. Dans ces conditions de faible chauffage (intensité de chauffage 0,25 à 0,30 amp. alors que l'intensité normale est d'environ 0,7 amp.) de la lampe, la caractéristique du courant filament-plaque en fonction de la tension de la grille extérieure à sa partie rectiligne utile tout entière du côté des tensions négatives de la grille. Si l'on abaisse d'une quantité convenable (de 2 à 4 v) et permanente le potentiel de l'extrémité de la grande résistance qui est reliée au filament, on peut faire en sorte que les variations du courant de la cellule (qui sont proportionnelles à celles du faisceau lumineux tombant sur la cathode) provoquent des fluctuations proportionnelles mais beaucoup plus grandes du courant filament-plaque.

L'amplificateur et les batteries de pile sont enfermés dans une cage de Faraday sur la face supérieure de laquelle sont fixées les parties optique et mécanique de l'appareil.

Ce microphotomètre est très fidèle et très sensible : il permet de mesurer en valeur absolue des densités de noir photographique même très fortes (de l'ordre de 3) avec une bonne précision et d'analyser rapidement des photographies de spectres très complexes et très contrastés et présentant des détails extrêmement fins. Il a déjà été utilisé dans un assez grand nombre d'études d'émission et d'absorption.

A. B.

QUESTIONS THÉORIQUES

Résistance électrique aux basses températures. — On sait depuis longtemps que la résistance électrique des métaux diminue avec la température d'environ 1/250e de sa valeur pour chaque abaissement d'un degré, dans les conditions ordinaires. En plongeant un métal dans l'air liquide, on en abaisse très notablement la résistance.

La diminution considérable qu'éprouve, dans ces conditions, celle du cuivre, qui devient 5 fois plus petite, peut être mise

Digitized by Google

en évidence d'une façon saisissante. Constituons un circuit électrique comprenant quelques accumulateurs, une lampe à incandescence et une bobine de fil de cuivre de résistance assez grande. Réglons le courant de manière que le filament de la lampe soit à peine rouge. Si nous plongeons la bobine dans l'air liquide, la diminution de résistance qui se produit est telle que le courant prend une valeur suffisante pour porter le filament de la lampe au blanc éblouissant.

« A première vue, écrit G. Claude, on pourrait croire ce fait dénué de toute importance pratique.

« Elihu Thomson, pince-sans-rire de haute envergure, a pourtant proposé de l'utiliser pour réduire, dans une forte mesure, les quantités énormes de cuivre immobilisées dans les grandes canalisations électriques modernes. En s'arrangeant pour faire baigner dans l'air liquide ces canalisations, on pourrait réduire la section, tout en réalisant encore sur la perte en ligne une économie d'énergie suffisante pour reconstituer l'air liquide perdu par évaporation. »

Dans l'hydrogène et surtout dans l'hélium liquides, la diminution de la résistance est plus impressionnante encore. En outre, apparaît dans quelques cas un phénomène très curieux, découvert par Kamerlingh Onnes en 1911.

La résistance d'un filament de mercure pur enfermé dans un tube capillaire de verre, après avoir décru régulièrement jusque vers 4°,2 absolus, tombe brusquement à une valeur pratiquement nulle. La résistance devient donc infiniment petite et son inverse, la conductibilité, infiniment grande. Suivant l'expression proposée par Kamerlingh Onnes, le métal devient *supra-conducteur*.

Cette supra-conductibilité a été constatée chez d'autres métaux ; elle apparaît à 6°,9 absolus pour le plomb et le radium G, à 3°,8 absolus pour l'étain, à 2°,3 absolus pour le thallium.

L'existence de ce phénomène entraîne une conséquence importante. A partir du moment où est réalisée la supra-conductibilité, la chaleur dégagée par le passage du courant qui, d'après la loi de Joule, est proportionnelle au produit de la résistance par le carré de l'intensité, est elle-même pratiquement nulle (1).

Des courants très intenses, d'une densité atteignant, dans quelques expériences, la valeur énorme de 1200 amp. par mm², circulent dans le fil sans y provoquer aucun échauffement sensible. L'énergie électrique pourrait donc se transmettre à distance sans aucune perte dans la ligne ou, comme on dit, sans dégradation.

Mais il y a plus : si l'on produit dans un circuit un courant électrique et qu'on supprime la cause qui l'engendre, le courant s'y maintient, en l'absence de toute force électro-motrice, pendant un temps qui peut être très long ; dans une expérience réalisée par Kamerling Onnes, ce temps était de plusieurs heures (2). On sait qu'Ampère admettait l'existence, à l'intérieur des molécules des corps magnétiques, de petits courants se maintenant indéfiniment parce qu'ils ne rencontrent aucune résistance. Ces courants qui, dans les corps non aimantés, se produisent dans tous les sens possibles, prennent une orientation commune sous l'influence d'un champ magnétique. Ainsi, d'après Ampère, la résistance électrique des métaux n'apparaîtrait qu'au travers des espaces intermoléculaires. Au zéro absolu ces espaces n'existant plus par suite de la contraction qui amène les molécules au contact, la résistance électrique des métaux purs doit être nulle ; cette prévision a été confirmée par les expériences de Kamerling Onnes qui a très légitimement proposé le nom de *courants d'Ampère* pour désigner les courants persistants réalisés au voisinage du zéro absolu.

A. B.

(1) Toutefois, lorsqu'on augmente de plus en plus l'intensité du courant, on constate qu'au-dessus d'une certaine limite le conducteur perd sa supra-conductibilité et devient brusquement le siège d'un dégagement de chaleur. De même, quand on soumet le fil à l'action d'un champ magnétique croissant, il arrive un moment où il cesse d'être supra-conducteur ; cela se produit pour le plomb dans des champs de 600 gauss environ, pour l'étain dans un champ beaucoup plus faible.

(2) Une petite bobine de fil de plomb était disposée entre les pôles d'un puissant électro-aimant, de telle manière que les lignes de force fussent perpendiculaires au plan des spires de la bobine. Après avoir refroidi le plomb dans l'hélium liquide au-dessous de son point de discontinuité, on fit tourner l'électro-aimant afin d'induire un courant dans le fil. Comme on l'avait prévu, le courant d'induction continua de circuler. Une petite aiguille aimantée, placée dans le voisinage, était déviée de sa position d'équilibre par le courant de la bobine et permettait de suivre les variations de ce courant.

T. S F.

Sur différents types de microphones en usage dans les stations d'émissions radiophoniques. (*Popular-Radio*, février 1927.) — Après avoir passé en revue les diverses causes possibles de distorsion à l'émission, dans les postes de radiodiffusion, l'auteur examine les différents types de microphones actuellement en usage et présente les intérêts et les inconvénients de chacun d'eux.

On peut distinguer 3 types de microphones : ceux à variation de résistance ; ceux à variation d'inductance ; ceux à variation de capacité. Ils sont plus connus sous les noms respectifs de microphones au charbon, électrodynamique et électrostatique. Les types au charbon et électrostatiques, ainsi que quelques réalisations du système électrodynamique, comportent tous un diaphragme métallique qui doit être très soigneusement amorti afin que sa période propre de vibration corresponde à une fréquence relativement élevée, sous peine de favoriser certaine gamme de fréquence acoustique au détriment d'autres et de créer ainsi une distorsion très nette.

Les diaphragmes des microphones au charbon et électrostatiques ont généralement une période propre d'oscillation voisine de 6000.

Les microphones électrodynamiques ont, au contraire, une période propre de résonance très basse, de l'ordre de 50 per : sec. Ils sont souvent extrêmement sensibles aux chocs mécaniques, et doivent être, à cet égard, montés sur des supports très souples, leur sensibilité variant inversement avec la fréquence qui les touche. Pour cette raison, et à cause aussi de leur faible puissance de débit, ils sont d'un emploi peu répandu.

Le type de microphone le plus courant est celui au charbon, à double contact, qui comporte une membrane en duralumin, de 0,05 mm d'épaisseur, dont la courbe de résonance est horizontale pour les fréquences comprises entre 100 et 6000 per : sec. Chaque face de cette membrane est recouverte d'une mince couche d'or sur laquelle viennent s'appuyer les grains de charbon. Ces grains sont maintenus en place, dans leur position moyenne, par un feutrage distant de la membrane de 0,0075 mm ; les granules de charbon dont les plus petits diamètres sont de 0,0125 mm se trouvent donc maintenus. Les sons frappant le diagramme compriment donc le charbon sur une face et le décomprimment sur l'autre ; d'où variation de résistance de l'ensemble. Ce fonctionnement à double effet réduit la distorsion au minimum.

Le microphone au charbon a cependant l'inconvénient de se « coller » facilement ; les téléphonistes connaissent bien ce phénomène ; sous des impulsions acoustiques trop violentes, la membrane peut se séparer complètement du contact des granules : le circuit se trouve ainsi coupé. Une suspension appropriée peut amoindrir sensiblement cet effet. Ses qualités de simplicité, de robustesse et de capacité de débit relativement grande ont fait adopter le microphone au charbon dans la plupart des studios d'émission radiophonique.

Le microphone acoustique, dont les applications actuelles

Digitized by Google

sont plus réduites, ressemble à un microphone au carbone dont les granules seraient enlevés. Le diaphragme constitue l'une des armatures d'un condensateur, et une membrane fixe l'autre armature. Les ondes acoustiques frappant le diaphragme provoquent une variation de la valeur de la capacité. Cette variation entraîne une modification de la tension entre les deux armatures. Une bonne réalisation du système donne une courbe de résonance sensiblement horizontale sur une très large bande de fréquences acoustiques. Mais le débit possible est très faible et l'impédance élevée de l'ensemble demande des soins d'isolement très particuliers. Un mauvais isolement rend, en effet, l'appareil sensible à tous les champs parasites extérieurs.

On est habitué aux isolements de l'ordre de 2 à 5 mégohms pour les récepteurs ; ici, l'isolement entre électrodes doit être pratiquement infini. Un isolement de 500 mégohms est insuffisant et provoque des bruits parasites. Il convient alors de démonter l'appareil, de le nettoyer et de le sécher avant de l'assembler à nouveau. La cause de trouble la plus fréquente est la facilité que présente le diaphragme à se bosseler ou se fausser au moindre choc, tel que le contact d'un ongle de la main ; il s'ensuit un court-circuit franc de la capacité.

Le troisième type de microphone (électrodynamique) est utilisé surtout par la British Broadcasting Company (Compagnie Britannique de radiodiffusion). Il comporte essentiellement une bobine mobile faite de fil très fin et très léger, placée dans un champ magnétique intense. Cette bobine est portée par un berceau de caoutchouc fixé lui-même à une large armature de bois rotative.

Les vibrations issues du microphone, sous forme électrique, sont appliquées à un amplificateur qui en augmente l'amplitude jusqu'à plusieurs milliers de fois. Cet amplificateur est avantageusement du type à résistance.

Après avoir quitté le microphone ou l'amplificateur du studio, les oscillations acoustiques sont transmises par conducteurs aériens ou souterrains à la station d'émission, généralement éloignée du studio. Ces conducteurs présentent une certaine résistance ohmique, sans grande importance, et une certaine capacité, très loin d'être négligeable, dont profitent les fréquences élevées pour passer d'un câble à un autre, au lieu de s'acheminer directement jusqu'au modulateur d'émission. Si, par exemple, l'énergie transmise à 100 per : sec atteint l'émetteur avec un rendement de 100 pour 100, ce rendement peut baisser jusqu'à 4 ou 5 pour 100 pour celle transmise à 10 000 per : sec.

En d'autres termes, l'énergie qui doit être transmise uniformément, pour conserver la fidélité de reproduction à l'émission, se perd le long des câbles, suivant une loi croissante avec sa fréquence.

On se trouve alors devant un problème de transmission téléphonique qui a déjà reçu plusieurs solutions très élégantes, mais inapplicable à la radiodiffusion. En effet, en téléphonie, la correction de la capacité entre fils d'un même câble s'effectue en augmentant uniformément la self-inductance de ce câble, au moyen de bobines régulièrement espacées sur la ligne (pupinisation). La distorsion serait totalement compensée si cette self-inductance se trouvait homogènement répartie tout le long du câble : en pratique, il est difficile de les espacer de moins de 500 m les uns des autres ; mais cette disposition n'assure une bonne transmission que jusqu'à la fréquence 2000 per : sec. Or, cette marge, qui suffit en téléphonie, est tout à fait insuffisante en radiodiffusion où les harmoniques élevés des sons fondamentaux émis jouent un rôle prépondérant dans la conservation des timbres musicaux.

On est donc conduit à une autre solution du problème, et l'une des plus simples consiste à réduire les amplitudes des fréquences basses jusqu'à la valeur de celles des fréquences plus élevées et à amplifier ensuite l'ensemble dans un amplificateur apériodique. Cette réduction des fréquences basses est obtenue par des filtres électriques à bandes. Il est encore possible d'utiliser, sans filtres, un amplificateur favorisant convenablement les fréquences élevées. Ces deux méthodes demandent des réglages précis et spéciaux pour chaque cas de la pratique ; la dernière est particulièrement délicate à appliquer. J. M.

Principes généraux pour la détermination des caractéristiques d'un émetteur radiotélégraphique à lampes. (*The Electrician*, 28 janvier 1927.) — La détermination des caractéristiques d'un émetteur radiotélégraphique à lampes porte sur cinq points principaux, plus ou moins indépendants les uns des autres et qui sont :

1° Etude du circuit d'antenne le plus favorable à l'élimination des harmoniques de l'onde fondamentale ;

2° Etude des proportions électriques du circuit d'antenne ;

3° Etude des bobines de self-inductance du circuit d'antenne ;

4° Etude des circuits de lampes ;

5° Etude du mode de manipulation et de la forme de découpage des signaux.

L'article original comporte, en outre, un résumé des récents résultats obtenus à la grande station anglaise de Rugby.

Pour le premier point, les questions à résoudre sont :

a) La méthode de variation d'impédance du circuit d'anode à adopter pour obtenir la variation de tension-plaque voulue.

b) Le choix du couplage de l'antenne à l'émetteur (par induction ou par capacité).

L'emploi d'une capacité au lieu d'une self-inductance, comme réactance d'anode (*a*), offre l'avantage d'une réduction dans l'antenne des harmoniques, dans la proportion de m^2 pour l'harmonique d'ordre m. Le même argument s'applique au mode de couplage de l'antenne avec l'émetteur (*b*).

Du point de vue de l'émission sans harmonique, le couplage électrostatique (anodique et d'antenne) est donc le meilleur. Pratiquement, il est cependant onéreux, étant donné que la période d'étude et de mise au point d'un émetteur demande de grandes variations de réglages.

Des considérations de rendement exigent de faibles pertes dans l'inductance d'antenne, et une grande radiation de la part de l'antenne elle-même. Ces qualités pourraient s'estimer par un coefficient dit « facteur d'amélioration » (improvement factor).

Les questions intéressant le second point sont :

a) Facteur d'amélioration.

b) Pertes de puissance dans le circuit intermédiaire.

c) Intensité dans le circuit intermédiaire.

d) Puissance en kv-a dans le circuit intermédiaire.

e) Coefficient de couplage.

A la suite de considérations économiques, le facteur d'amélioration de la grande station de Rugby a été fixé à 40, et les circuits désignés pour un rendement moyen de 0,5 pour 100.

Les questions intéressant le troisième point sont :

a) Les caractéristiques des conducteurs.

b) L'étude de leurs supports mécaniques.

c) Le choix de la méthode de variation de self-inductance.

Cette partie du rapport original présenté à l'Institut des Ingénieurs-Electriciens d'Angleterre, traite particulièrement le cas des selfs-inductance de valeurs élevées, et celui des mesures de résistances en haute fréquence comparées avec les résultats obtenus par le calcul. Le calcul de l'influence d'un mauvais toronage des fils d'un même conducteur sur le décrément d'une bobine est aussi étudié par les formules de Butterworth, ainsi que les proportions optima à donner aux enroulements dans le but d'éviter les claquages. Les calculs montrent la nécessité de réserver entre eux, ou, entre chacun d'eux et la terre, une distance minimum de 5 m pour les câbles parcourus par un courant de haute fréquence.

Digitized by Google

Les questions intéressant le quatrième point sont :

a) Les tensions auxquelles doivent être soumises les lampes.

b) L'émission électronique maximum des filaments de lampes soumis au chauffage normal.

c) La durée des lampes dans les conditions de fonctionnement prévues.

Deux groupes de conditions différentes sont envisagés se rapportant respectivement à une onde de courant-plaque pointue et à double bossage. Le rapport fournit une analyse des conditions de travail de la station de Rugby et des fonctionnements comparatifs des lampes dans les émetteurs à grande et petite puissance. Le choix, de ce côté, doit être surtout guidé par les prix de remplacement des lampes, le prix de l'énergie d'alimentation, et les différences de rendements suivant les caractéristiques générales adoptées.

C'est ainsi que la station de Rugby peut se permettre d'abaisser son rendement de 6 pour 100 si la vie des lampes s'en trouve augmentée de 3,5 pour 100.

Le fonctionnement des lampes suivant *b*) se trouve économiquement justifié, il permet des tensions de grille plus faibles, qui aident à de plus grands débits et conduisent à de meilleurs rendements dans les installations à grande puissance. Ce fait s'explique par un phénomène généralement peu connu, mais flagrant dans les lampes puissantes : l'existence de décharges de courant qui peuvent atteindre plusieurs fois l'importance de l'intensité maximum d'émission, sans toutefois altérer aucunement celui-ci dans ses caractéristiques. Ce phénomène apparaît vers 7000 v et devient plus fréquent, tout en étant plus destructeur en même temps que la tension croît. Cette constatation montre que, dans l'état actuel de la technique de fabrication des lampes d'émission, il y a avantage à étudier des émetteurs fonctionnant sous des tensions relativement basses, de l'ordre de 7000 v.

J. M.

TRACTION ÉLECTRIQUE

Traction électrique et traction à vapeur. (*Bulletin n° 12 de l'Association suisse des électriciens.*) — L'administration des chemins de fer fédéraux suisses a établi son budget d'exploitation pour l'année 1927 et en même temps comparé les dépenses avec celles qui auraient dû être faites si la traction totale avait été assurée exclusivement par des locomotives à vapeur.

A la fin de 1927, 1400 km (c'est-à-dire à peu près la moitié du réseau) seront électrifiés, mais en moyenne, pendant l'année, 1150 km (soit 40 pour 100 du réseau) seront exploités électriquement; comme ce sont les lignes sur lesquelles le trafic est le plus actif, à peu près, 65 pour 100 des tonnes kilomètres seront remorquées par des locomotives électriques.

En tenant compte de toutes les dépenses, amortissement intérêts, etc... des installations électriques, la dépense d'exploitation sera de 1 700 000 fr or, moins élevé que si la traction était assurée uniquement par des locomotives à vapeur et dans ce cas elle serait de 234 millions environ. Ce résultat peut être considéré comme très favorable, surtout si l'on considère que la plupart des installations électriques ont été construites pendant la guerre, à une époque où les travaux étaient très coûteux et les intérêts de l'argent très élevés. En utilisant uniquement des locomotives à vapeur, la consommation de charbon serait de 450 000 tonnes plus élevée, et ce charbon doit être acheté à l'étranger.

D'après les résultats d'exploitation des dernières années, l'entretien par kilomètre de voie en ne tenant pas compte de celui des lignes d'amenée du courant, revient à 550 fr moins cher pour les parties électrifiées que pour celles où la traction se fait à la vapeur. Dans le cas d'exploitation électrique, il faut compter sur une usure latérale plus grande des rails de la partie extérieure des courbes de faible rayon, comme du reste sur un travail plus considérable des rails, par suite du poids plus élevé des locomotives; mais cet inconvénient qui du reste diminuera avec le temps, car on a tendance à employer des locomotives à vapeur de plus en plus lourdes est très faible vis-à-vis des avantages de la traction électrique, entretien plus facile de la voie, surtout dans les tunnels et dans les fortes pentes et entretien plus aisé et plus longue durée des toits des halles et des bâtiments.

Les économies à réaliser portent en outre sur les dépenses relatives au personnel des trains et des ateliers de réparations et sur les dépenses pour le graissage des locomotives. D'après les constatations faites par le service de la traction, les dépenses de graissage par locomotive-kilomètre sont environ moitié moindres pour les locomotives électriques que pour celles à vapeur et en outre les locomotives remorquent des trains à peu près 1,4 fois plus lourds que celles à vapeur et avec une vitesse plus grande. Le même trajet total en tonnes-kilomètres est donc assuré avec beaucoup moins de locomotives-kilomètres dans le cas de traction électrique. F. L.

STATIONS CENTRALES

Statistique de l'union des centrales allemandes pour l'année 1925. (*Bulletin n° 1 de l'Association suisse des électriciens.*) — La statistique de l'union des centrales allemandes pour l'année 1925, vient de paraître, c'est un volume de 568 pages, donnant des renseignements très détaillés sur l'installation et l'exploitation de 592 sociétés de distribution d'électricité allemandes ainsi que 80 usines d'électricité situées dans les pays voisins. Sur les 592 sociétés allemandes, 105 ne possèdent pas d'usines génératrices propres, mais achètent de l'énergie électrique pour la revendre.

Les usines allemandes et celles des pays étrangers sont classées en deux catégories séparées et en outre chacune de ces catégories se subdivise en 5 groupes suivant l'importance de l'énergie distribuée annuellement.

Le premier groupe comprend les usines qui ont distribué en 1925 plus de 100 millions de kw-h, qui, en Allemagne, sont au nombre de 27. Le deuxième groupe, les usines ayant distribué de 25 à 100 millions de kw-h au nombre de 82 en Allemagne. Dans le troisième groupe sont classées les usines ayant distribué de 5 à 25 millions de kw-h, dont 151 sont en Allemagne.

Le quatrième groupe est formé par les usines ayant distribué de 2 à 5 millions de hw-h, dont 117 sur le territoire du Reich. Dans le dernier groupe se classent les usines ayant distribué moins de 2 millions de kw-h qui sont au nombre de 215 en Allemagne.

A la fin de 1925, il y avait en Allemagne 232 usines génératrices thermiques, 55 hydrauliques et 129 mixtes (thermiques et calorifiques).

La Société des usines électriques de Berlin et la Société des usines rhénanes-westphaliennes ont distribué en 1925 plus de 2,7 milliards de kw-h, c'est-à-dire plus que la Suisse tout entière.

La durée annuelle pendant laquelle les usines génératrices ont été chargées au maximum varie entre 3500 et 4500 heures.

A l'exception de cas particuliers, la charge maximum des usines varie entre 25 et 35 pour 100 de la puissance installée. F. L.

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

94 550. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris. — 1927.

Digitized by Google

36e Année. — N° 835. 10 Avril 1927.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTEUR EN CHEF
ALFRED SOULIER
Le 2e vendredi de chaque mois de 15 h. à 16 h.

ABONNEMENTS
Paris et Départements : 30 francs par an.
Union postale : 40 francs par an.

ADMINISTRATION
9, rue de Fleurus, 9. — Paris (VIe)
TÉLÉPHONE :
Ségur 04-23 et Ségur 04-44.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction au Rédacteur en Chef, 9, rue de Fleurus.

Pour toute demande de numéros de L'Industrie Électrique *on est prié de joindre, à la demande, le montant de l'envoi, en timbres-poste ou en mandat postal.*

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — Perte de puissance dans les câbles aluminium-acier. — L'électrification du Great northern railway. — Un moteur Diesel de 15000 ch. — Distribution de l'énergie dans l'Afrique du Sud. — Répartition de la tension dans les isolateurs formés de plusieurs pièces. — Transmission radiotélégraphique des images animées. — Expériences de sauvetage. — Service radiotélégraphique de la Perse. — Développement hydro-électrique aux États-Unis. — Ligne télégraphique à grande distance au Canada. — Nouvelles prescriptions suisses relatives à l'exploitation et à l'entretien des installations électriques intérieures. — Distinctions honorifiques. 145

DES RÉCENTS PROGRÈS DE L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE. 149

L'INDUSTRIE DE LA RADIOÉLECTRICITÉ. **A. B.** 157

LES ACCIDENTS DE L'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE ET DOMESTIQUE (*suite et fin*). **Dr Zimmern**. 159

REMARQUES SUR LA REVERSIBILITÉ DES RHÉOSTATS D'EXCITATION DU TYPE POTENTIOMÉTRIQUE. **J. M.** 162

COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES. — Sur la télévision. Premiers résultats dans la transmission des images animées, par MM. **Belin** et **Holweck**. — Sur la périodicité des situations magnétiques troublées observées au Parc Saint-Maur et au Val-Joyeux, par M. **C.-E. Brazier**. . . 164

REVUE DE LA PRESSE. — *T. S. F.* : Exposés et discussions relatifs à la propagation des ondes électromagnétiques dans l'atmosphère. — Une nouvelle lampe de T. S. F. à filament chauffé par rayonnement. — *Installations* : La traversée d'un bras de mer par une ligne aérienne d'une portée de 1900 m. — *Divers* : Une nouvelle station polonaise de radiodiffusion. — Extension de l'emploi du charbon pulvérisé en Allemagne. 166

INFORMATIONS

Perte de puissance dans les câbles aluminium-acier. (*Elektrotechnik und Maschinenbau.*) — M. P. Weidieg, de Dresde, a déterminé les pertes de puissance dues à la circulation d'un courant continu et d'un courant alternatif dans 3 échantillons de câbles-aluminium acier, et pour servir de comparaison dans un câble de cuivre. Dans le premier échantillon, d'après les règles normales allemandes, la section de la partie en acier était six fois moins grande que celle de la partie en aluminium, qui était de 166 mm²; il y avait deux couches de fils d'aluminium toronnées en sens inverses. Dans le deuxième, le rapport de la section de l'aluminium à celle de l'acier était de 4 à 1; il n'y avait qu'une couche de fils d'aluminium d'une section totale de 106 mm². Dans le troisième échantillon, le rapport était de 3 à 1; il y avait deux couches de fils d'aluminium, toronnées dans le même sens, d'une section totale de 150 mm². Le câble en cuivre avait une section de 95 mm².

Lors des mesures, les câbles étaient fixés à des bornes qui étaient disposées de manière que le courant soit amené à chacun de ses fils. Le rapport de la résistance au courant alternatif à celle au courant continu qui est égal au rapport des puissances perdues a été de 1,002 pour le câble en cuivre, à cause de l'effet skinn ou de peau (la fréquence était certainement égale à 50, quoiqu'on ne l'indique pas), de 1,011 pour une densité de courant de 1 ampère par mm² dans le premier câble aluminium cuivre et de 1,23 dans le second, pour une intensité de courant de 1,6 ampère par mm².

La différence de résistance, dans les câbles aluminium-acier, ne peut être attribuée seulement à l'effet de peau, mais est principalement due aux pertes par hystérésis dans l'acier, et aussi à une répartition inégale du courant en sens contraire de celle provenant de l'effet skinn et due à une magnétisation longitudinale du câble. Le câble se comporte, en somme, comme une bobine d'induction à noyau de fer, qui participe à la propagation du courant, et fait augmenter la chute de tension et le déphasage entre la tension et l'intensité. Le courant parcourt le chemin de moindre résistance; si les fils n'ont entre eux aucune résistance de passage, le courant se dirige parallèlement à l'âme, mais plus la résis-

Digitized by Google

tance en contact est grande, plus le courant suit la disposition en spirale des fils. La résistance de contact augmente quand la température croît. Les pertes sont moins grandes quand les fils d'aluminium sont toronnées en couches sens inverse, car celles-ci magnétisent l'âme en sens inverse. On peut diminuer les pertes en employant des aciers spéciaux, ayant de faibles pertes par hystérésis. F. L.

L'électrification du Great Northern railway. (*Elektrotechnik und Maschinenbau.*) — La ligne principale du chemin de fer « Great Northern » est celle de Saint-Paul à Seattle qui traverse le massif de Cascade mountain au moyen du tunnel de Cascade, qui a une longueur de 4.5 km. La traction, dans ce tunnel, était assurée jusqu'ici par du courant triphasé à la tension de 6600 v, fréquence 25. Le projet prévoit l'électrification de la rampe Est du tunnel, de Skykomish jusqu'à Tye, avec pentes maxima de 22 pour 100 et le remplacement, dans le tunnel, de la ligne triphasée par une ligne à courant alternatif simple 11 000 v, fréquence 25; la longueur de la partie électrifiée sera de 39 km. La traction dans le tunnel est actuellement assurée par des locomotives triphasées de 100 t, la tension aux moteurs étant de 500 v. Le trafic journalier, dans le tunnel, comporte deux paires de trains de voyageurs de 850 à 1000 t; une paire de trains express de 600 t et deux paires de trains de marchandises de 2500 t. La traction de ces derniers trains pour la montée de la rampe est assurée par une locomotive de 250 t et 30 t d'effort de traction et 2 locomotives Mallet de 260 t et 39 t d'effort de traction. A l'entrée du tunnel, les 2 locomotives Mallet, placées en tête et au milieu du train, sont remplacées chacune par une locomotive triphasée, qui, après un parcours de 22 minutes, sont retirées à l'autre extrémité du tunnel; la locomotive à vapeur de 250 t reste constamment accrochée et assure la traction pour la descente de l'autre versant.

L'énergie électrique pour la traction, dans le tunnel, est fournie par une usine appartenant à la Compagnie, située à Tumwater, sur la rivière de Wenatchee, à 48 km. et utilisant une chute de 54 m. Dans cette usine sont installés 3 alternateurs triphasés de 2000 kw, fournissant du courant à 6600 v, dont la tension est élevée à 33 000 v. La tension est abaissée à 6600 v dans une sous-station située à proximité du tunnel.

Dans le tunnel, on installera une ligne de prise de courant alternatif simple à 11 000 v, qui sera transformé en courant triphasé sur la locomotive. Les raisons principales de l'abandon de la traction purement triphasée sont le faible facteur de puissance (qui dépasse à peine 0,5) et la puissance extraordinaire exigée pour le démarrage.

L'usine génératrice, par suite des dimensions réduites du canal d'amenée, ne peut fournir la puissance nécessaire pour donner à un train remorqué par 4 locomotives, une accélération insuffisante, de sorte qu'il faut atteler une locomotive à vapeur lors du démarrage. Les principaux avantages du nouveau système, sont la possibilité d'augmenter le facteur de puissance en installant un moteur synchrone sur la locomotive et la facilité de régler le démarrage et la vitesse en faisant varier la tension aux moteurs.

Les nouvelles locomotives pèseront 155 t et seront équipées de 4 moteurs à la tension de 600 v.

Pour pouvoir utiliser les anciennes locomotives, on leur adjoindra un wagon qui comprendra une prise de courant, un transformateur, un moteur-générateur synchrone qui leur fournira le courant triphasé.

Dans l'usine génératrice on modifiera les alternateurs de manière qu'ils fournissent du courant alternatif simple.

La transformation du courant triphasé à 6600 v en courant à 33 000 v se fait actuellement au moyen de 2 groupes de 3 transformateurs à courant alternatif simple, dans chacun desquels la tension est élevée de 6600 à 19 000 v, dont les primaires sont montés en étoile et les secondaires en série. Ces transformateurs seront accouplés par 2, les primaires en parallèle et les secondaires en série, de sorte que la tension secondaire sera de 38 000 v; celle-ci sera abaissée à 11 000 v, dans 3 sous-stations, celle de Cascade tunnel qui est en service et 2 autres à l'air libre. Chacune de ces stations comprendra un transformateur de 1500 kw-amp. Les travaux sont très avancés et devaient être terminés le 1er juillet 1926; mais ils ont été retardés, car on a décidé la construction d'un tunnel de 12,5 km de longueur afin d'éviter certaines parties de la ligne particulièrement exposées aux avalanches.

F. L.

Un moteur Diesel de 15 000 ch. (*Elektrotechnik und Maschinenbau.*) — La Société des usines électriques de Hambourg vient d'installer dans son usine à vapeur de Neuhof, mise en service dernièrement, un moteur Diesel de 15 000 ch., le plus grand du monde, destiné à servir de secours pendant les périodes de forte charge. C'est la première fois qu'une pareille combinaison est adoptée dans une grande usine à vapeur et il sera intéressant d'en connaître les résultats économiques.

L'usine de Neuhof a, actuellement, une puissance de 35 000 kw: elle sera complètement terminée en 1927 et aura alors une puissance de 150 000 kw; on compte y installer alors un second moteur Diesel de même puissance.

Le moteur a 9 cylindres verticaux de 360 mm de diamètre et 150 mm de course; sa longueur totale est de 23,4 m, sa largeur de 4,30 m et sa hauteur de 10 m. Les gaz d'échappement se rendent, par de larges conduites, dans un local souterrain et, de là, parviennent à l'air libre par deux cheminées.

Le moteur qui tourne à la vitesse angulaire de 94 tours à la minute commande directement un alternateur de 15 000 kw-amp., 6000 à 6300 v, fréquence 50. F. L.

Distribution de l'énergie dans l'Afrique du Sud. (*Elektrotechnik und Maschinenbau.*) — On construit actuellement une usine de 100 000 kw (5 unités de 20 000 kw) à Witbank, au centre du district minier, qui sera mise en service en juin 1927, et détiendra le record au point de vue des frais d'exploitation. Le prix de revient du charbon sera de 1 shilling (1,26 fr-or) la tonne: l'eau de refroidissement sera amenée d'une distance de 6 milles anglais (le mille vaut 1,6 km). Le courant triphasé (5000 v, fréquence 50) produit sera élevé à 132 000 v et amené à la sous-station de Brakpan, distante de 100 km.

La ligne de transport suivra à peu près le même tracé que la ligne de chemin de fer allant de Witbank dans le district du Reef, de sorte que cette dernière pourra être électrifiée commodément. La mise en marche de l'usine de Witbank aura une grande importance pour la distribution de l'énergie électrique dans l'Afrique du Sud. On pourra alors entreprendre des revisions et des réparations dans les 5 usines qui desservent actuellement le réseau de la « Victoria falls and Transvaal power C° », ce qui est maintenant impossible, car la demande d'énergie est si considérable qu'on ne peut songer à arrêter une usine. Cet état de choses a certainement été la cause d'un accident, survenu dans l'usine de Verceniging où un turbo-générateur de 12 kw a éclaté, projetant à travers le toit de l'usine des pièces pesant 45 t. A la suite de cet accident, les travaux de l'usine de Witbank ont été accélérés. La ville de Johannesbourg construit par étapes sa propre usine génératrice. F. L.

Répartition de la tension dans les isolateurs formés de plusieurs pièces. (*Elektrotechnick und Maschinenbau.*) — M. von Rezerbis a étudié la répartition de la tension dans un grand nombre d'isolateurs, constitués de plusieurs pièces, en déterminant la direction du champ électrique par la méthode du brin de paille qui consiste à suspendre par une de

Digitized by Google

ses extrémités un brin de paille à deux fils de soie, de manière qu'il se place dans la direction du champ et à déterminer l'intensité au moyen d'un tube à luminescence.

Dans les isolateurs à tige, par suite de l'inégale capacité des diverses parties, la tension ne se répartit pas uniformément. Dans un isolateur, en 4 parties, à sec, la tête supporte 37 pour 100 de la tension ; chacune des deux parties intérieures 16 pour 100 et la partie près de la tige 31 pour 100 ; par la pluie les tensions respectives sont 24, 21, 20 et 35 pour 100. A l'état sec c'est donc la tête qui est la plus exposée ; on pourrait remédier à cet état de choses en recouvrant les diverses parties d'une couche métallique et en augmentant l'épaisseur des parties intermédiaires. Mais la sécurité plus grande obtenue par la métallisation ne compenserait pas les frais supplémentaires.

Dans les isolateurs à chaine, c'est l'élément placé à la partie inférieure (le plus près de la canalisation) où la différence de tension est la plus élevée, et cependant, d'après les statistiques, ce sont les éléments placés à la partie supérieure que l'on doit renouveler le plus souvent. Cette contradiction peut être attribuée au fait que ces éléments sont reliés à la traverse du poteau, d'une manière plus rigide que les autres entre eux, de sorte qu'ils sont plus exposés mécaniquement, ou bien encore que, dans le cas d'oscillations de tension, l'élément inférieur, étant par suite de la différence de tension exagérée, pour ainsi dire mis en court-circuit, les autres éléments, et surtout celui à la partie supérieure, sont plus exposés. Il y a donc intérêt à ce que la tension se répartisse également entre les éléments ; on peut y arriver en employant des éléments de diverses capacités ou en disposant des anneaux protecteurs ou des cornes. F. L.

Transmission radiotélégraphique des images animées. (*The Electrical Review*, 21 janvier 1927.) — Le Dr E. F. W. Alexanderson aurait fait, à New-York, le 10 janvier 1927, une démonstration de transmission radiotélégraphique d'images animées. Avec des appareils simples, il aurait montré sur un écran sa propre personnalité en conversation avec un tiers. La projection était un peu grossière, mais les mouvements des têtes et des bras étaient fidèlement reproduits.

L'inventeur montra ensuite trois photographies ayant été transmises par T.S.F. à une distance de 3,5 km avec ses appareils, et dont les qualités s'approchaient beaucoup des photographies originales. La méthode de transmission est semblable à un procédé aujourd'hui exploité commercialement, mais avec une plus grande vitesse de travail, au détriment de la protection contre les brouillages dus aux parasites atmosphériques

A l'heure actuelle, la transmission d'une image avec ces principes ne demande que 2 minutes; quelques perfectionnements aux appareils permettront, à bref délai, de faire de la télévision. La reconstitution des images s'obtient par la projection, sur un écran de 7 rayons lumineux multipliés 24 fois à l'aide de miroirs convenables. Ces rayons sont entraînés dans un mouvement de rotation rapide qui leur permet de balayer de haut en bas et de droite à gauche toute la surface de l'écran, avec des lignes d'intensité variable. La modification de ces lignes lumineuses au moyen d'une image réfléchie qui module la valeur de leurs tons, reproduit finalement l'image originale. J. M.

Expériences de sauvetage. (*Bulletin n° 12 de l'Association suisse des électriciens.*) — Au congrès international de sauvetage et de premiers secours, qui s'est tenu l'année dernière à Amsterdam, s'est disputé un « championnat international de premiers secours en cas d'accidents ».

Parmi les cas d'accidents supposés, que les concurrents avaient à résoudre, l'un intéresse les électriciens; une équipe de 5 hommes (2 blessés et 3 sauveteurs) avait une demi-heure pour assurer les premiers soins dans les circonstances suivantes :

« Une avarie à une conduite électrique, met sous courant à haute tension, une route sur laquelle vient de tomber une violente averse. Un agent de police à cheval passe à cet endroit, le cheval tombe foudroyé par la tension et démonte son cavalier qui heurte au moment de sa chute un cycliste qui passe.

« L'agent est tombé sur la route électrisée; il perd connaissance, sa respiration est à peine perceptible et en outre il a une brûlure à la main gauche.

« Le cycliste reste étendu sur le bord de la route, en dehors de la zone électrisée ; le sabre de l'agent lui a fait une blessure béante au-dessus de l'œil gauche. Il est tombé sur le bras droit, qui a une déformation au-dessus du poignet, avec vives douleurs.

« Le propriétaire d'une maison voisine prête secours aux sauveteurs et met à leur disposition tout ce qu'il possède chez lui ».

Malgré les difficultés techniques, les sauveteurs, non professionnels, ont su agir avec autant d'ingéniosité que de sang-froid. F. L.

Service radiotélégraphique de la Perse. (*The Electrical Review*, 4 février 1927.) - Un service général radiotélégraphique local et étranger a été ouvert pour la première fois, à Téhéran, le 28 janvier 1927.

Développement hydro-électriques aux États-Unis. (*The Electrical Review*, 18 février 1927.) — D'après l'*Electrical World*, la ville de Seattle se serait mise d'accord avec la Feredal Power Commission pour les travaux à effectuer sur la rivière Skagit.

Suivant ces accords, le barrage de Ruby fournirait un réservoir d'une capacité de 4 250 000 000 m³ (?). La hauteur de chute sera de 150 m et la capacité d'utilisation d'origine 85 000 ch. On envisage cependant d'établir 6 groupes générateurs de 54 000 ch. Le barrage du Diable, qui rentre dans ce projet, fera remonter le cours d'eau jusqu'au barrage de Ruby. La puissance primitive installée sera de 108 000 ch. On compte placer 6 groupes de 47 000 ch. Le barrage Gorge fournira un réservoir de 4 000 000 m³ alimentant la station centrale actuelle de Gorge dont la capacité d'utilisation doit être de 150 000 ch, dont 75 000 ch sont déjà installés. La centrale définitive comportera probablement 8 groupes de 37 500 ch. J. M.

Ligne télégraphique à grande distance au Canada. (*The Electrical Review*, 18 février 1927.) — Le réseau télégraphique Canadian Pacific a commencé les travaux de pose d'une seconde ligne télégraphique transcanadienne de 4800 km de long, entre Montréal et Banfield, sur l'île Vancouver, et passant par Sudbury, Fort William, Winnipeg, Moose Jaw, Calgary, Nelson, Penticton, Vancouver et Alberni. A Banfield, cette ligne sera connectée avec le second circuit sous-marin du Pacific Cable Board, qui va à l'île Fanning, Suva, Auckland et Sydney.

Les travaux seront probablement terminés en 2 mois et coûteront quelque 425 500 dollars. La chaîne Grande-Bretagne, Canada, Nouvelle-Zélande et Australie se trouvera renforcée. J. M.

Nouvelles prescriptions suisses, relatives à l'exploitation et à l'entretien des installations électriques intérieures. — Une commission de l'Association suisse des électriciens qui a rédigé de nouvelles prescriptions pour l'exploitation et l'entretien des installations électriques intérieures, les publie dans le *Bulletin n° 2 de l'Association* afin que les intéressés puissent présenter les objections qu'ils auraient à y faire avant leur adoption par l'Assemblée générale de l'Association.

Digitized by Google

Ces nouvelles prescriptions contiennent comme extensions importantes des anciennes et comme additions, des paragraphes relatifs à la mise à la terre et à la protection contre les surtensions, à l'installation des appareils médicaux, des jouets électriques, des appareils récepteurs de téléphonie sans fil reliés aux circuits d'éclairage.

Le règlement comprend un tableau des différents types de conducteurs et de leur domaine d'application suivant l'état des locaux dans lesquels ils sont placés, et donne des indications pour leur pose.

Il distingue les locaux secs, poussiéreux, partiellement humides et humides.

Dans les locaux secs, l'humidité relative de l'air ne dépasse pas, dans la règle, 65 pour 100. Sont considérés comme locaux poussiéreux ceux dans lesquels les installations et les conducteurs sont exposés dans une très grande mesure à la poussière, comme les granges, certains ateliers, les filatures, fabriques de carbure, etc. Sont considérés comme locaux temporairement humides, qui par suite de leur destination habituelle sont humides pendant de courtes périodes, mais qui, grâce à une bonne aération, sèchent facilement, comme les séchoirs des maisons privées, les water-closets, les cuisines dans lesquelles on ne fait pas de lessive, etc. Les locaux humide, sont ceux dans lesquels, par suite de la présence momentanée ou permanente de vapeur d'eau, l'humidité de l'air atteint plus de 70 pour 100, de sorte qu'elle se manifeste sous forme de buée aux parois, au plafond ou ailleurs, comme dans certaines usines et dans les caves.

Les organes métalliques non utilisés comme conducteurs, qui par suite d'un défaut d'isolation peuvent se trouver sous tension constituant, en cas de contact, volontaire ou involontaire, un danger pour les personnes doivent être mis à la terre dans les cas suivants :

a) Quand la tension vis-à-vis de la terre dépasse 250 v; *b*) quand la tension avec la terre est comprise entre 125 et 250 v, dans les locaux humides, lorsqu'ils peuvent être touchés ou dans un local quelconque être touchés d'un endroit non isolant; *c*) quand la tension est comprise entre 50 et 125 v, lorsque dans des locaux mouillés ou imprégnés, ces organes métalliques doivent être saisis pour le service.

Sont seuls considérés comme emplacements isolants, le bois sec dépourvu de fixation métallique rendant illusoire l'isolement du bois, le linoléum, l'asphalte, les carrelages de briques, ainsi que les revêtements analogues.

Le revêtement métallique des conducteurs (tubes, gaine de plomb, etc.), des installations à courant alternatif dont la tension avec la terre dépasse 250 v, doit être mis à la terre; cette mise à la terre n'est pas nécessaire dans les locaux secs. A moins que la distribution ne comporte un conducteur (neutre) mis à la terre, qui pénètre dans la maison, la mise à la terre doit s'effectuer par un conducteur spécial aboutissant à une électrode de terre ou par les tuyaux d'eau.

Le conducteur de mises à la terre des divers circuits de l'immeuble doit avoir une section égale à celle d'un des conducteurs principaux du circuit jusqu'à concurrence de 16 mm², s'il est en cuivre; cette section sera augmentée dans la même proportion que la résistivité si ce conducteur n'est pas en cuivre.

La jonction de la ligne de terre avec une conduite d'eau doit se faire à l'entrée de celle-ci dans le bâtiment; si exceptionnellement la jonction se fait à l'intérieur, le compteur d'eau doit être shunté par un ruban au fil de cuivre d'au moins 16 mm² de section.

La connexion avec la conduite d'eau doit être assurée par une bride à blocage efficace constituée par un ruban de cuivre d'au moins 25 mm de largeur et 1 mm d'épaisseur entourant la conduite soigneusement décapée au préalable.

Toute jonction enfouie dans le sol doit aussitôt après exécution être recouverte d'un antirouille, puis d'une gaine de toile goudronnée ou asphaltée excluant tout risque d'oxydation.

Si la ligne de terre ne peut être connectée à une conduite d'eau, la terre sera constituée par une plaque, ruban ou tuyau d'une surface totale d'au moins 0,5 m² enfoui dans un sol, si possible, continuellement humide; dans les terrains défavorables il y a lieu d'adopter des électrodes de terre à grande surface. Pour tenir compte des effets de corrosion, il est indispensable d'utiliser des plaques de terre ou rubans d'au moins 1 mm d'épaisseur.

La principale disposition relative à l'installation des appareils médicaux est qu'ils sont alimentés par des installations dont la tension par rapport à la terre dépasse 100 v, les parties ne pouvant pas être isolées doivent être disposées de manière à ne pouvoir être atteintes que d'un emplacement isolant.

Le branchement direct des jouets électriques sur les installations intérieures n'est pas autorisé; l'alimentation de ceux-ci doit être assurée par des piles, des accumulateurs ou des transformateurs de faible puissance. Ces transformateurs, du type blindé, seront montés à poste fixe et leurs bornes primaires devront être protégées, d'une manière durable, contre tout contact accidentel.

Dans le cas de postes de télégraphie sans fil, reliés aux installations intérieures les prescriptions principales sont les suivantes :

Seules les installations intérieures dont la tension avec la terre ne dépasse pas 250 v peuvent, par l'intermédiaire d'un dispositif d'alimentation, être connectées à des installations de télégraphie sans fil. Cette connexion n'est pas autorisée dans les locaux humides ou partiellement humides (cuisines, caves, etc.).

Le dispositif d'alimentation doit satisfaire aux conditions imposées aux appareils à fort courant et sa construction doit être telle, que même utilisé par des novices, tout risque d'avarie soit exclu, dans la mesure du possible. Il doit posséder un organe empêchant le courant de l'installation de passer dans celle de la télégraphie sans fil (condensateur bouchon, transformateur à enroulement séparé).

L'isolation entre les organes à fort courant et toute pièce métallique pouvant être touchée et étant en connexion métallique avec l'appareil de télégraphie sans fil, doit pouvoir supporter pendant une minute une tension alternative de 5000 v dans un local sec et pendant une minute une tension alternative de 1500 v, après un séjour de 34 heures dans l'eau dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau à la température de 20°.

La mise à la terre d'un poste de télégraphie sans fil par l'intermédiaire du conducteur normalement à la terre, d'une installation intérieure, n'est admise qu'à travers un condensateur.

La mise à la terre du parafoudre ou de tout poste à antenne aérienne par ce procédé est interdite. F. L.

Distinctions honorifiques. — Ordre national de la légion d'honneur. — Parmi les récentes promotions et nominations intéressant l'industrie électrique nous citerons :

Au grade de commandeur : M. Cahen, administrateur de sociétés électriques diverses.

Est nommé chevalier : M. d'Aubenton-Carafa, ingénieur chargé des Services électriques à la Cie du Gaz de Lyon.

Digitized by Google

DES

RÉCENTS PROGRÈS DE L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

En prenant possession du fauteuil de la présidence de la Société des Ingénieurs civils pour 1927, M. Paul Janet, le savant professeur bien connu, a prononcé un discours dans lequel sont passés en revue les progrès de l'industrie électrique durant ces dernières années. Nous sommes heureux de reproduire ici ce discours qui marquera une date dans l'histoire de l'électricité industrielle et qui résume admirablement la question.

Unités et étalons électriques. — La complexité des grandeurs utilisées en électricité a donné une importance particulière au choix et à la conservation des unités de ces grandeurs; et l'on peut dire que la constitution d'un système cohérent d'unités, édifié par les congrès successifs de 1881, 1889, 1893, 1900, a formé la base solide sur laquelle ont pu s'appuyer les méthodes de calcul qui nous permettent aujourd'hui de prédéterminer, dans leurs moindres détails et avec une remarquable sûreté, les différentes machines employées en électricité. Je n'ai pas l'intention de reprendre ici l'histoire des unités et étalons électriques; je voudrais seulement en rappeler un incident peu connu et particulièrement caractéristique. Comme vous le savez, la définition de l'ampère international repose sur l'électrolyse du nitrate d'argent. Au moment de la conférence des Unités électriques réunie à Londres en 1908, des signes certains révélaient quelques légères discordances, atteignant l'ordre d'un dix-millième, dans les résultats des électrolyses effectuées avec le plus grand soin dans les différents pays : de telles discordances n'étaient pas tolérables dans un domaine où la plus haute précision est de rigueur; aussi fut-il décidé que des expériences vraiment internationales, effectuées par le concours réel, dans un même laboratoire, des délégués des différents pays, auraient lieu pour élucider d'une manière définitive les points restés en suspens : ces expériences furent entreprises à Washington, du 4 avril au 25 mai 1910; pendant tout ce temps, les représentants des quatre laboratoires nationaux de France, d'Allemagne, d'Angleterre et des États-Unis y travaillèrent dans une étroite collaboration : les questions en suspens furent en grande partie élucidées et les précautions à prendre pour obtenir des résultats concordants furent nettement mises en lumière : quelques semaines de collaboration immédiate avaient fait plus que plusieurs années de travail séparé; n'y a-t-il pas là un intéressant exemple de rapprochement scientifique international qui méritait d'être cité, mais qui, hélas! devait précéder de bien peu le grand cataclysme de 1914.

L'œuvre d'ailleurs doit être reprise et continuée : l'exemple du travail de Washington a confirmé la nécessité d'un organisme international destiné à centraliser les études sur les unités électriques et cet organisme n'est-il pas tout trouvé dans le Bureau international des Poids et Mesures, cette admirable institution dont sont sortis de si beaux et de si utiles travaux sur les étalons fondamentaux de longueur et de masse? Un premier pas été fait dans ce sens à la réunion de la sixième Conférence générale des Poids et Mesures qui s'est tenue à Paris en octobre 1921 : un nouvel article 7 fut ajouté à la Convention du 20 mai 1875, dite Convention du mètre. Cet article est ainsi rédigé :

« Après que le comité aura présidé au travail de coordination des mesures relatives aux unités électriques et lorsque la conférence générale en aura décidé par un vote unanime, le bureau sera chargé de l'établissement et de la conservation des étalons des unités électriques et de leurs témoins, ainsi que de la comparaison, avec ces étalons, des étalons nationaux ou d'autres étalons de précision. »

Malgré les termes, malheureusement trop vagues, de cette décision, il y a là un premier pas de fait, et nous ne pouvons que souhaiter l'extension aux unités électriques de l'activité du grand établissement international qui a son siège au pavillon de Breteuil, à Sèvres.

II. Matériaux électriques et matériaux magnétiques. — Si le choix des unités constitue la base théorique de l'industrie électrique tout entière, le choix des matériaux en constitue la base pratique : isolants, conducteurs, matériaux magnétiques, voilà les trois aspects de la matière que l'ingénieur électricien rencontre constamment autour de lui.

1. *Isolants.* — Les matériaux isolants sont innombrables et chaque jour en voit apparaître de nouveaux. Le plus grand progrès, semble-t-il, de ces dernières années a été l'apparition des résines artificielles ou bakélites : la très intéressante communication faite récemment à la Société des Ingénieurs Civils me dispense d'insister sur ces curieux produits de condensation du phénol en présence du formol qui peuvent revêtir des formes diverses et se prêter aux applications les plus variées. Mais si ces matières ont l'intérêt de la nouveauté, il va sans dire que les anciens isolants, que nous n'avons pas à énumérer, continuent à être fort employés. Ces matériaux sont si connus, que c'est plutôt le choix de la forme que le choix de la matière que nous étudierons ici.

L'isolant industriel est destiné à séparer deux milieux conducteurs portés à des potentiels extrêmement différents, puisque les tensions qui dépassent 100 000 v sont aujourd'hui sinon courantes, au moins déjà très répandues. La première idée qui viendrait à l'esprit pour résister à ces énormes tensions serait d'augmenter l'épaisseur de l'isolant entre les deux conducteurs à isoler; il n'est pas besoin de bien grands calculs pour voir que pratiquement on est bien vite limité dans cette voie; d'autre part, les décharges disruptives qui percent l'isolant et auxquelles s'oppose la rigidité diélectrique, ne sont pas les seules à craindre; la décharge peut contour-

Digitized by Google

ner l'isolateur et en suivre la surface ; on se rend compte d'ailleurs facilement que, dans un bon isolateur, cette tension d'éclatement doit être inférieure à la tension de perforation, de manière à constituer une sorte de soupape protégeant l'appareil. Le constructeur a donc à combattre ces deux dangers différents et les questions qui se posent à l'ingénieur électricien ont les plus grandes analogies avec celles qui se présentent dans l'étude de la résistance des matériaux : en aucun point, la contrainte diélectrique de l'isolant ne doit atteindre une valeur telle que cet isolant risque d'être percé. L'étude de la répartition de ces contraintes dans la masse même des matériaux et à leur surface prend donc une importance de premier ordre. Or cette étude se ramène à celle de la forme des lignes de force ou mieux d'induction électrostatique à travers la matière. Il est évident que les formes souvent compliquées des isolateurs, formes imposées par l'usage auquel on les destine, ne se prêtent pas au calcul rigoureux, mais on est loin cependant d'être désarmé devant ces difficultés : des procédés graphiques constamment appuyés sur les lois générales de l'électricité, loi d'orthogonalité entre les surfaces équipotentielles et les lignes de force, loi de la conservation du flux d'induction, loi de réfraction des lignes d'induction au passage d'un diélectrique à l'autre, bien d'autres encore, tout est mis à profit, en sorte que l'établissement correct d'un réseau de lignes de force constitue, comme on a pu le dire, une suite d'approximations et de calculs qui se soutiennent mutuellement. Ces méthodes permettent de corriger les formes et d'éviter les gradients de potentiel excessifs soit à l'intérieur, soit à la surface de l'isolateur. On reconnaît ainsi, circonstance paradoxale, que dans certains cas, une augmentation d'épaisseur de l'isolant est plus nuisible qu'utile, en augmentant dans l'air avoisinant le champ électrostatique et par suite les chances d'effluves : l'exemple d'un diélectrique plan introduit entre les deux armatures d'un condensateur est un exemple immédiat. On peut dire que dans tous les cas, l'effort du constructeur tend à l'égalisation aussi grande que possible du gradient de potentiel soit dans la masse même de l'isolateur, soit à sa surface. Des artifices spéciaux permettent d'y arriver d'une manière très approchée dans le cas des isolateurs de traversée, par exemple, où un conducteur cylindrique doit être isolé des objets avoisinants, une série de couches conductrices cylindriques sont interposées entre des tubes successifs de porcelaine, et si les dimensions sont convenablement calculées, on obtient l'équivalent d'un certain nombre de condensateurs égaux en série qui assurent une répartition régulière des tensions : tels sont les isolateurs du type condensateur qui ont donné lieu, dans ces dernières années, à un grand nombre d'intéressants travaux.

Il est un autre cas où les contraintes diélectriques peuvent être calculées rigoureusement, c'est celui des câbles cylindriques à un seul conducteur. Dans ce cas, c'est au voisinage immédiat du conducteur central que ces contraintes sont les plus élevées. Il semble donc qu'on puisse exactement prévoir pour quelle tension entre conducteur et armature cette couche de l'isolant sera compromise; mais le phénomène est plus compliqué que cela : il paraît prouvé aujourd'hui que, dans certains cas, cette couche peut résister alors qu'elle est soumise à une contrainte diélectrique supérieure à celle qui la percerait si elle se présentait sous forme d'une lame plane : ce problème compliqué a été très étudié ces dernières années, et il est apparu que les câbles qui présentent cette anomalie sont ceux pour lesquels le rapport du rayon extérieur au rayon intérieur de la couche isolante est supérieure à e ou 2,718, base des logarithmes népériens, bien curieuse introduction d'une importante constante mathématique dans une question posée par la pratique la plus immédiate.

Bien que ces considérations apportent un progrès indéniable au problème difficile de la prédétermination des câbles à haute tension, il ne faudrait cependant pas croire que ce problème soit par là entièrement résolu : la plupart du temps, les câbles sont destinés à fonctionner sous des tensions alternatives et non sous des tensions continues et alors les phénomènes nouveaux apparaissent, qui viennent singulièrement compliquer les précédents : sous l'influence de ces tensions alternatives, et par suite de phénomènes d'hystérésis ou de viscosité diélectrique, l'isolant s'échauffe, il est le siège de pertes d'énergie qui peuvent devenir très notables pour des tensions élevées; de cette cause de détérioration, il résulte que le diélectrique résiste moins bien aux tensions alternatives qu'aux tensions continues, et le phénomène est d'autant plus complexe que le temps y joue un rôle important : alors qu'un certain câble convenablement calculé peut résister indéfiniment à une tension continue, le même câble, soumis à la même tansion alternative, se détériore peu à peu et finit par être percé au bout d'un temps plus ou moins long : il en résulte encore que le temps d'application des tensions doit être précisé dans les épreuves de réception; à ce point de vue, on peut estimer qu'un câble peut résister indéfiniment à une tension continue cinq ou six fois plus forte que la tension alternative qui amène son percement au bout de cent heures d'application.

D'autres causes de complications sont encore à prévoir : le diélectrique des câbles n'est pas homogène; il est, comme on le sait, constitué par des couches concentriques de papier imprégné par la substance isolante fondue à une température élevée : cette imprégnation est faite dans le vide pour assurer l'expulsion aussi complète que possible de toute trace d'air ou d'humidité; mais quelques précautions que l'on puisse prendre, soit pour assurer la plus grande régularité possible dans l'enroulement des bandes de papier, soit pour obtenir une imprégnation profonde, jamais on ne sera en droit d'affirmer l'homogénéité parfaite du diélectrique ainsi obtenu : il en résulte qu'en chaque point le champ électrique, que théoriquement on devrait supposer radial, peut présen-

Digitized by Google

ter une légère composante tangentielle, sous l'influence de laquelle des courants locaux, de nature électrolytique si la dessiccation n'est pas absolue, peuvent apparaître suivant les fibres du papier et provoquer des carbonisations partielles, début de détériorations plus graves. Ce n'est pas tout : si quelque *bulle gazeuse*, même microscopique, a échappé au vide cependant très poussé auquel le câble a été soumis, le champ électrique qui, le long d'une ligne d'induction, varie en raison inverse de la constante diélectrique, peut dans cette bulle d'air prendre une valeur suffisante pour en provoquer l'ionisation, et par suite amener la formation d'effluves qui apportent un nouveau trouble dans la répartition des potentiels.

On voit combien sont grandes les causes de complication même dans le cas simple d'un câble à un seul conducteur cylindrique et une seule enveloppe cylindrique concentrique et l'on conçoit, par conséquent, combien ces causes s'exagèrent lorsqu'il s'agit de câbles triphasés à trois conducteurs symétriquement placés dans une masse isolante : il est évident qu'alors le champ électrostatique créé n'est pas normal aux surfaces du papier imprégné qui entourent chaque conducteur; les composantes tangentielles, qui n'étaient qu'accidentelles dans le cas des conducteurs simples, deviennent ici la règle, et en courant alternatif triphasé, le champ électrostatique qui prend naissance dans la masse du diélectrique est un champ tournant elliptique. Tous les efforts des constructeurs, dans ces dernières années, ont tendu à régulariser ces champs en les ramenant à des champs radiaux comme dans le cas des conducteurs simples ; on y arrive en métallisant soit les gaines isolantes de chaque conducteur, soit les surfaces internes des masses des corps inertes servant de bourrage entre ces conducteurs, et ces artifices ingénieux nous font une fois encore retrouver les principes de régularisation des gradients de potentiel que nous avons déjà signalés dans le cas des isolateurs de traversée ou dans les cas analogues.

2. *Conducteurs.* — Parmi les matériaux conducteurs, le cuivre reste de beaucoup le plus employé et ses propriétés sont si connues que nous n'avons pas à les rappeler ici. Mais dès maintenant, pour un grand nombre d'applications électriques, il trouve un concurrent sérieux dans l'aluminium.

L'ancien président de la Société des Ingénieurs Civils, M. Gall, rappelait il y a quelques années, que la production de ce métal, éminemment français et par sa découverte, et par l'abondance de son minerai, avait passé de 64000 t en 1913 à 163000 t en 1925; son prix, qui était de 125 fr le kilogramme en 1885, était tombé à 3 fr en 1896 et à 2,50 fr en 1914. Il est aujourd'hui de 16,50 fr. Le rapport de ce prix au prix du cuivre qui était de 1,25 fr en 1914 est aujourd'hui (pour les métaux en lingot) de 1,8.

Comme, à égalité de longueur et de résistance, le rapport des poids est de 0,5 on voit aisément que dans les circonstances actuelles l'avantage reste à l'aluminium, sans parler même de l'urgence qu'il y a à remplacer par un produit indigène un produit importé.

Il est vrai que, dans les mêmes conditions, la section de l'aluminium est 1,66 et son diamètre 1,29 fois celui du cuivre. Mais dans bien des circonstances il y a là un avantage plutôt qu'un inconvénient.

En ce qui concerne les lignes aériennes à haute tension, les pertes par effluves, ou effet corona, qui, comme le vieux pouvoir des pointes, dépendent de la courbure du conducteur sont moins à craindre avec les gros conducteurs qu'avec les petits; et, pour les câbles souterrains où l'usage de l'aluminium ne semble pas s'être encore répandu, une augmentation de diamètre du conducteur intérieur serait souvent avantageuse : une discussion approfondie montre en effet que si l'on fait croître à partir de zéro le conducteur intérieur d'un câble, et si l'on veut maintenir le même coefficient de sécurité pour le diélectrique, le rayon extérieur passe par un minimum lorsque le rayon intérieur est égal à l'épaisseur d'une plaque de la substance isolante qui présenterait le même coefficient de sécurité, et le volume de l'isolant est minimum lorsque le rayon intérieur est égal à 1,25 de cette épaisseur (1). On ne se trompe pas beaucoup en admettant que le rayon le plus avantageux est compris entre ces deux limites voisines : si donc, pour une application donnée, le calcul conduit, pour un conducteur en cuivre, à un rayon notablement inférieur à celui-là, la substitution de l'aluminium au cuivre ne peut être qu'avantageuse.

On a souvent objecté à l'emploi de l'aluminium pour les lignes aériennes sa faible ténacité de 20 kg : mm² au lieu de 42 kg : mm² et plus pour le bronze employé pour ces lignes; déjà certains alliages comme l'alliage aluminium-magnésium présentent, avec une conductibilité à peine inférieure à celle de l'aluminium, une charge de rupture, par millimètre carré, de 35 à 37 kg; mais c'est en général en munissant les câbles aériens d'une âme d'acier qu'on leur donne la résistance mécanique exigée : ces câbles sont en général constitués par un fil d'acier entouré de 6 fils d'aluminium ou de 7 fils d'acier entourés de 31 fils d'aluminium; ils présentent des résistances à la rupture considérables et permettent d'atteindre des portées dépassant 1500 m.

A un autre point de vue, on peut rappeler l'usage de l'aluminium en ruban pour les enroulements d'inducteurs : des procédés électrolytiques spéciaux permettent de les recouvrir d'une couche extrêmement mince, très adhérente et très homogène d'alumine qui constitue, pour les basses tensions, un excellent isolant; c'est surtout dans les enroulements des turboalternateurs où la place est si mesurée, que ces conducteurs rendent les plus grands services.

3. *Matériaux magnétiques.* — Enfin dans le domaine des matériaux magnétiques, les progrès n'ont pas été

(1) Le nombre 1,25 étant sensiblement l'inverse de la racine de l'équation : $e^2 y (1 - y) = 1$.

Digitized by Google

moins considérables : on sait l'importance qu'il y a à réduire autant que possible les pertes dans les tôles d'induit des machines électriques : tous les efforts des métallurgistes ont donc tendu à produire des tôles ayant une faible hystérésis et une grande résistivité pour y réduire les courants de Foucault ; les tôles au silicium présentent à ce point de vue les propriétés les plus remarquables et il est actuellement possible de trouver des tôles dans lesquelles les pertes ne dépassent pas 1,2 w par kilogramme pour une induction de 10 000 unités C.G.S. et une fréquence de 50 per : sec. Mais pour certaines autres applications, on exige des propriétés bien différentes de celles que pourraient donner les tôles au silicium : tel est le cas des noyaux de bobines employées en téléphonie, soit comme transformateurs, soit comme bobines de réactance dans les lignes dites pupinisées. On a, dans ce but, utilisé des matières complexes formées de fer électrolytique pulvérisé en grains très fins, et noyé dans la bakélite, le tout comprimé à une pression de 14000 kg : cm². On obtient ainsi une matière ayant, pour les champs et les fréquences téléphoniques, une perméabilité sensiblement constante, et de très faibles pertes hystérésis et courants de Foucault : une telle matière présente une perméabilité de 500 unités C.G.S. environ, une résistivité égale à 50 à 60 fois celle du fer, une résistance à la traction par centimètre carré de 100 kg et, à la fréquence de 800 per : sec, des pertes par courants de Foucault égales seulement au cinquième des pertes par hystérésis.

Mais ces mélanges semblent aujourd'hui surpassés par un alliage spécial de fer (78) et de nickel (22) auquel on a donné le nom de permalloy : cet alliage laminé en ruban de 3 mm de largeur et 0,15 mm d'épaisseur, chauffé une heure à 900° C, refroidi lentement, réchauffé à 600° C et refroidi brusquement au contact d'un cylindre de cuivre présente les propriétés les plus remarquables : perméabilité énorme, de 87000 unités C.G.S. dans un champ de 0,04 gauss, saturation dans le champ terrestre, hystérésis égale à 0,03 de celle des meilleurs fers. Cet alliage jouera évidemment un rôle important dans les problèmes de téléphonie à longue distance en se prêtant particulièrement bien à la compensation des capacités par des réactances uniformément réparties le long des câbles.

D'autres ferronickels ont d'ailleurs reçu une application fort intéressante dans les multiplicateurs de fréquence : ces appareils exigent des noyaux magnétiques se saturant très vite sous l'influence de champs faibles et croissants : l'alliage dit alliage γ satisfait à ces conditions.

De même que pour les isolants, après le choix de la matière se pose la question de choix de la forme : aucune question n'a plus été étudiée dans ces derniers temps que celle de la meilleure forme à donner aux circuits magnétiques des machines pour leur assurer la plus faible réluctance, les moindres fuites et la répartition la plus favorable du flux ; et c'est précisément pour résoudre ces problèmes qu'ont été imaginées ces méthodes mi-parties algébriques, mi-parties graphiques dont nous avons parlé précédemment, et qui, par extension, ont pu s'appliquer presque sans modifications à l'étude des isolants.

III. Générateurs et moteurs électriques. — Les générateurs électriques sont à la base de l'industrie électrique, car avant d'utiliser l'électricité, il faut la produire.

1. *Piles.* — Le plus ancien est la pile, et il est curieux de constater le peu de progrès qu'elle a faits depuis sa découverte. Après avoir passé par le long détour des piles à deux liquides ou à dépolarisant solide, qui d'ailleurs sont loin d'être abandonnées, voici que l'on revient aujourd'hui à la pile à un seul liquide et à dépolarisation par l'air, c'est-à-dire à la simple pile de Volta, mais une disposition judicieuse des électrodes permet un large accès de l'oxygène de l'air à l'électrode positive, tout en protégeant contre son action l'électrode négative.

2. *Accumulateurs.* — A la pile se rattache immédiatement l'accumulateur : depuis la réalisation industrielle de la découverte de Gaston Planté, de nombreux chercheurs se sont attachés à perfectionner l'accumulateur au plomb ou à lui substituer quelque autre pile réversible ; de telles combinaisons existent en assez grand nombre ; mais, si sur certains points quelques-unes présentent de légers avantages, des inconvénients nombreux les écartent en général du champ des applications pratiques. L'apparition en 1902, de l'accumulateur alcalin : fer, potasse, sesquioxyde de nickel, est le seul événement important à signaler dans ce domaine : par l'emploi de matériaux résistants, par une construction mécanique particulièrement étudiée, par l'artifice qui consiste à enfermer la matière active dans des alvéoles serties avec soin, cet élément présente des qualités d'endurance mécanique et électrique tout à fait remarquables. Il fonctionne dans des conditions particulièrement simples et pour ainsi dire théoriques : l'électrolyte conserve une composition invariable et la potasse qui le compose ne semble pas participer à la réaction qui se réduit pendant la charge, à la réduction de l'oxyde de fer du côté négatif, à l'oxydation de l'oxyde de nickel du côté positif, pendant la décharge aux réactions inverses ; le phénomène est entièrement réversible ; mais ces qualités sont compensées par un faible rendement en énergie, environ 45 pour 100, dû à une résistance intérieure élevée, une faible force électromotrice, 1,25 v en moyenne pour une décharge en 10 heures, et un prix élevé. Il donne des capacités massiques et volumiques de 38 w-h : kg ou de 79 w-h : dm³ pour une décharge en 10 heures, intermédiaires entre celles des accumulateurs au plomb à plaques minces ou à plaques épaisses. Sa principale application, à cause de sa robustesse et de la longue durée de ses électrodes, paraît être la traction des véhicules dans le

Digitized by Google

cas où l'on cherche avant tout à économiser la main-d'œuvre en tolérant une plus grande dépense d'énergie et un prix d'acquisition plus élevé.

Mais l'invention de l'accumulateur alcalin fer-nickel, tout intéressante qu'elle soit, est loin d'avoir détrôné l'ancien accumulateur au plomb. Les progrès de celui-ci, d'ailleurs, bien que moins apparents, n'en sont pas moins réels. Au point de vue théorique, les phénomènes très complexes dont un élément au plomb est le siège, ont fait l'objet de nombreux travaux : l'ancienne théorie de la double sulfatation, d'après laquelle, à la décharge, la plaque négative se sulfate électrolytiquement, tandis que la positive se sulfate par une action secondaire, est vivement battue en brèche; on propose d'admettre comme actions principales à la décharge, à la positive la réduction d'un oxyde supérieur de plomb, à la négative la formation d'un sulfate plombeux noir, conducteur, au lieu de sulfate plombique blanc, isolant ; c'est ce sulfate plombeux, qui, sous l'influence de l'air dissous, passerait à l'état de sulfate plombique et causerait ainsi le phénomène si désastreux connu sous le nom de sulfatation qui met hors d'usage les plaques laissées longtemps déchargées : la voie à suivre pour réaliser l'accumulateur insulfatable si longtemps cherché serait donc de soustraire les négatives à l'action de l'air : d'intéressantes tentatives ont été faites dans ce sens. Hâtons-nous d'ajouter que cette théorie ne paraît pas définitive et que de nombreuses recherches sont encore nécessaires. Indépendamment de toute théorie, les méthodes expérimentales d'exploration séparée de la plaque positive et de la plaque négative par l'emploi d'une électrode auxiliaire a rendu les plus grands services. L'influence de la porosité et de l'état moléculaire des matières actives a pu être ainsi suivie pas à pas et l'on sait mieux maintenant les conditions à réaliser pour obtenir la plus longue durée possible d'une plaque ayant une capacité déterminée. C'est surtout du côté de la positive qu'il y avait à faire, car la négative a une durée très grande et comparable à celle de l'électrode en fer de l'accumulateur alcalin. L'adoption de diaphragmes spéciaux entravant la chute de la matière active a permis d'améliorer considérablement la durée de la positive. Un séparateur idéal devrait être infiniment perméable au liquide, ne pas être attaqué par l'acide sulfurique, ne pas être pénétré par les oxydes se détachant des positives, ne pas introduire d'impuretés. On voit combien ces conditions sont complexes et combien le champ est grand pour le perfectionnement systématique de ces cloisons : on a d'ailleurs été très loin dans cette voie, car dans certains modèles récents, la matière active, enfermée dans des tubes d'ébonite perforée, présente des qualités comparables à celles de l'oxyde de nickel, enfermé dans ses alvéoles d'acier nickelé, de l'accumulateur alcalin.

On sait combien sont nombreuses les applications des accumulateurs et nous n'avons pas à les rappeler ici. Une des plus récentes est celle qui est relative au démarrage des véhicules, elle exige des qualités toutes particulières : la capacité de la batterie de démarrage n'a pas besoin d'être bien grande; si l'on admet qu'un démarrage exige 150 A pendant 2 secondes, cela correspond seulement à 0,083 A-h, quantité insignifiante, d'autant plus que l'élément est immédiatement rechargé; mais les plaques doivent pouvoir fournir et supporter ces grandes intensités instantanées : d'où la nécessité d'une faible résistance intérieure et d'une grande surface de contact entre les plaques et le liquide : pour obtenir ces grandes surfaces, on emploie des plaques minces, 3 à 4 mm pour les positives, 2 mm pour les négatives : des éléments de 70 A-h pour une décharge en 10 heures peuvent ainsi donner 150 A pendant quelques secondes.

3. *Dynamos à courant continu.* — Les principes sur lesquels repose la dynamo à courant continu n'ont guère varié depuis son origine; les progrès effectués ont consisté surtout dans le perfectionnement des méthodes de calcul qui ont constamment tendu à une plus grande économie de matière et à une plus grande sûreté de fonctionnement. Le point le plus délicat de ces machines est, comme on le sait, la commutation : si l'on réfléchit que dans le fonctionnement normal d'une dynamo, des courants de plusieurs centaines ou même de plusieurs milliers d'ampères doivent plusieurs fois par seconde se renverser en quelques centièmes ou quelques millièmes de seconde, on ne peut qu'admirer l'audace des inventeurs qui ont réalisé cet organe admirable, le collecteur.

La théorie de ce phénomène, l'un des plus compliqués de l'électrotechnique, a donné lieu à de très importants travaux qui ont montré nettement dans quelle voie il fallait se diriger pour combattre les étincelles aux balais, cette pierre d'achoppement des premiers constructeurs de dynamos. Le perfectionnement le plus notable à ce point de vue a été l'introduction des pôles supplémentaires, excités en série, disposés sur la ligne neutre, et donnant dans la spire en court-circuit la force électromotrice nécessaire pour combattre l'effet nuisible de la self-induction. L'histoire de cette invention est curieuse et mérite d'être rappelée. Nous avons assisté il y a une vingtaine d'années, à une éclosion de publications, venant de l'étranger et présentant comme une grande nouveauté cette disposition si ingénieuse et si efficace du circuit magnétique des dynamos. Or, c'est en France, et beaucoup plus anciennement, qu'elle est apparue sous sa forme définitive et industrielle.

Dès 1889, Potier, dans son beau rapport sur l'Electricité à l'Exposition universelle, signalait, en en donnant la théorie exacte, les moteurs bipolaires exposés par la Compagnie française Edison, et dus à un de ses ingénieurs, M. R.-V. Picou. Ces moteurs à vitesse constante et à calage constant des balais sur la ligne neutre, l'un de 5 ch, l'autre de 8, tous deux pour 110 v, étaient munis de pôles supplémentaires excités en série et en tout point conformes à tous ceux qui ont été réalisés depuis. A la suite de l'Exposition, la construction de ces moteurs fut entreprise d'une façon suivie par la maison Sautter-

Digitized by Google

llarlé, surtout en vue des applications à la marine, et en particulier pour la commande des canons, des tourelles cuirassées et des monte-charges de munitions, tous appareils donnant naissance dans leur fonctionnement à des couples extrêmement variables; le même principe peut d'ailleurs être appliqué au cas plus compliqué de moteurs devant être soumis à de fréquents renversements de sens de rotation avec des à-coups brusques et répétés.

Enfin, dès 1892, le même principe était appliqué avec le plus grand succès aux génératrices à charge rapidement variable et permettait même d'obtenir un hypercompoundage donnant, aux extrémités d'une ligne, une tension sensiblement constante malgré ces variations de charge; depuis, cette construction s'est généralisée, a été appliquée à la plupart des génératrices de bord construites par la marine française, jusqu'à des génénératrices ayant 12 pôles principaux et 12 pôles supplémentaires et des moteurs ayant 6 pôles principaux et 6 pôles supplémentaires. Ce mode de construction est aujourd'hui devenu classique; mais son origine, pensons-nous, méritait d'être rappelée ici.

4. Alternateurs. — Les dynamos à courant continu, dont les plus importantes sont réservées aux industries électrochimiques, ne constituent qu'une faible partie de l'ensemble des génératrices actuellement en service : ce sont les machines à courant alternatif ou alternateurs qui, [tant au point de vue du nombre qu'à celui de la puissance, représentent le véritable type des grandes génératrices modernes. L'apparition, vers le commencement de ce siècle, de la turbine à vapeur en a profondément modifié la forme, l'aspect général et les dimensions; les anciens alternateurs à marche lente, à grand diamètre et à grand nombre de pôles saillants disposés en couronne, qui convenaient bien aux machines à vapeur à piston ou aux turbines hydrauliques à basse chute, se sont trouvés en défaut lorsqu'il s'est agi de les commander par ces machines motrices nouvelles à grande vitesse angulaire et à puissance presque illimitée, les progrès dans cette voie ont été rapides; on y cherche surtout l'accroissement des puissances sans trop se préoccuper de l'accroissement des tensions qui ne présentent pas d'intérêt, puisque l'adjonction de transformateurs permettra toujours d'obtenir des tensions aussi élevées que l'on voudra. Quant à la puissance, elle a suivi les étapes suivantes : à l'Exposition de 1900 on voyait pour la première fois un turboalternateur de 500 kw, tandis que les machines à piston atteignaient déjà 2500 ch; en 1905, le turboalternateur de 5000 kw paraissait constituer le type industriel pratiquement admissible; en 1913, apparaissait le turboalternateur de 7500 kv-a à 50 per: sec, 1500 t : min. Aujourd'hui on peut citer les groupes de 20000 kv-a à 3000 t : min et ceux de 45000 kv-a à 1500 t : min. Le groupe de 60000 kv-a à 1500 t : min, dont il existe déjà des exemples constitue, semble-t-il, jusqu'ici le record dans cette voie; mais on parle déjà de 150000 kv-a. D'autre part, l'élévation des pressions de vapeur utilisées augmente dans des proportions considérables le rendement total : on estime actuellement qu'on peut ainsi extraire sous forme d'énergie électrique 30 pour 100 de l'énergie du combustible, rendement comparable à celui des meilleurs moteurs à combustion.

Quelles difficultés a-t-on rencontrées et vaincues dans cette marche ascendante? Ces difficultés sont, avant tout, d'ordre mécanique : la turbine à vapeur ne se prêtant qu'aux grandes vitesses angulaires; le diamètre de la partie tournante ou rotor de l'alternateur est limité uniquement par la résistance des matériaux à la force centrifuge : on peut donc dire que, à ce point de vue, le progrès de la construction électromécanique est lié aux progrès de la métallurgie. Aujourd'hui on atteint couramment des vitesses périphériques de l'ordre de 125 à 135 mètres: sec, résultat important si l'on remarque que, à ces vitesses linéaires et pour une vitesse angulaire de 1500 t : min, la force centrifuge s'élève environ à 2 kilogrammes-force par gramme masse à la périphérie. Le diamètre et la vitesse étant imposés par des considérations mécaniques, la dernière dimension qui reste disponible est la profondeur de la machine : le rotor d'un groupe de 45000 kv-a à 1500 t : min aurait un diamètre de 1,70 m, une profondeur de 2,80 m et pèserait environ 50 t. Il renfermerait, en régime normal, une énergie cinétique de 20.10^6 kg-m environ. Comment les électriciens vont-ils utiliser ces données, imposées par les mécaniciens? Deux parties se trouvent en présence dans tout alternateur, l'inducteur et l'induit : laquelle prendrons-nous comme rotor? Le choix n'est pas douteux : l'induit, pour éviter les courants de Foucault, doit être composé de tôles feuilletées, l'inducteur peut être massif; c'est donc lui qu'il est tout indiqué de rendre mobile; mais pour résister aux énormes forces centrifuges qu'on nous impose, nous renoncerons à toute partie saillante, et nous tenterons, dans la limite du possible, de conserver les avantages de ces formes de révolution particulièrement propres aux réalisations mécaniques : dans ce cylindre, nous creuserons seulement les rainures nécessaires à l'enroulement inducteur qui y sera fixé par des clavettes en bronze servant en même temps d'amortisseur; et quant aux têtes de bobines qui supportent également des efforts considérables, elles seront maintenues en place par des calottes en acier au nickel non magnétique pour éviter, autant que possible, les dérivations nuisibles du flux.

Le stator, de son côté, présentera, sous une forme plus ramassée, les mêmes dispositions générales que les induits des anciens alternateurs avec des particularités intéressantes et nouvelles destinées à protéger la machine contre les terribles effets destructeurs des courts-circuits instantanés : ces dispositions efficaces qui consistent en un développement voulu des têtes de bobines et en une exagération des fuites magnétiques obtenue par une forme spéciale des encoches, sont fondées sur une théorie très

Digitized by Google

profonde et très sûre qui a été exposée à la Société des Ingénieurs civils de France il y a quelques années par son auteur M. Boucherot.

On conçoit que le fonctionnement de ces puissantes machines soulève une multitude de problèmes que nous ne pouvons que mentionner. L'un des plus importants et le plus à l'ordre du jour consiste dans l'analyse aussi complète que possible des pertes d'énergie dont elles sont le siège : les pertes qu'on peut appeler normales, frottements, ventilation, hystérésis, effet Joule dans les conducteurs sont loin d'être les seules. Une étude approfondie en a fait apparaître une très grande quantité d'autres (on en a compté jusqu'à une vingtaine) que l'on a englobées sous le nom de pertes supplémentaires; ces pertes supplémentaires dont les unes sont constantes, tandis que les autres dépendent de la charge ont fait récemment l'objet de nombreux et importants travaux. La plupart sont dues à des courants induits ou courants de Foucault engendrés dans différentes parties de la machine par des flux parasites qui s'y glissent malgré toutes les précautions qu'il est possible de prendre. Les énumérer ici serait fastidieux et inutile; indiquons cependant l'une des mieux connues, qui a donné lieu à de savants et très utiles calculs; nous avons dit que dans les grands turboalternateurs, on avait cherché plutôt l'augmentation des puissances que l'augmentation des tensions : il en résulte que les courants débités y prennent des valeurs considérables, plusieurs milliers d'ampères par conducteur; pour supporter ces courants intenses, les anciens enroulements en fils ou même en câbles ne suffisent plus, ils doivent être remplacés par des enroulements en barre de large section. Or, si l'on considère une telle barre de section rectangulaire par exemple, placée dans une encoche d'induit et parcourue par un courant alternatif, on trouve que ce courant se répartit très inégalement dans la section du conducteur : au courant principal utile, se superposent des courants locaux, fermés sur eux-mêmes et engendrés par le flux même du courant principal, qui augmentent dans de notables proportions les pertes normales par effet Joule. Une constitution lamellaire des barres, ou même encore une construction torsadée et inversée par permutation circulaire dans chaque encoche diminue notablement cet effet nuisible et réduit les pertes accidentelles dans le cuivre à quelques centièmes des pertes normales; même ces cas compliqués ont pu être abordés par le calcul et l'on ne saurait trop admirer la puissance des méthodes qui nous permettent d'analyser ainsi dans leurs moindres détails des phénomènes si complexes et si importants pour la prédétermination des machines.

Il ne faut pas croire d'ailleurs que ce soit seulement au point de vue du rendement que toutes ces pertes supplémentaires sont à redouter; elles peuvent dans certains cas, si elles se localisent en quelques points restreints, y produire des échauffements anormaux et excessifs qui en compromettent la conservation; telles sont les pertes accidentelles, qu'une construction soignée permet d'éviter, dues aux courts-circuits par bavure ou par limage qui peuvent se produire sur le bord des tôles.

On conçoit avec quel soin toutes ces anomalies doivent être étudiées et autant que possible prédéterminées pour des machines dont le prix s'élève à plusieurs millions de francs. Le rôle de l'ingénieur électricien se montre ici de premier ordre et son importance doit être mesurée à sa responsabilité. Il se trouve heureusement que, par suite des grandes vitesses angulaires de ces machines, leur dimension, leur poids par kilowatt sont beaucoup moins élevés que pour les machines à marche lente et à pôles saillants, et, que, toutes choses égales d'ailleurs, les pertes y sont relativement plus faibles : on peut compter sur des rendements de 97 pour 100, résultat remarquable pour une transformation d'énergie mécanique en énergie électrique. Mais en revanche, ces quantités d'énergie, perdues sous forme de chaleur, doivent être dissipées dans des espaces restreints, et, par suite, on peut craindre de fortes élévations de température : on n'est plus au temps des machines à marche lente où l'on pouvait à bon droit compter sur la ventilation naturelle pour éviter des échauffements excessifs.

Essayons de nous rendre compte de ces échauffements : dans un alternateur de 40000 kw par exemple, si le rendement est de 97 pour 100, les pertes sont $0{,}03 \times 40000$, soit de 1200 kw, ce qui correspond à un dégagement de chaleur de 288000 petites calories par seconde qui serait capable d'élever de 0 à 100° C la température de près de 3 litres d'eau par seconde. Des soudures thermoélectriques placées à demeure en différentes régions de la machine permettent de suivre constamment le sens des flux de chaleur qui ont lieu du fer vers le cuivre à vide et du cuivre vers le fer à pleine charge, et de constater dès qu'elles se produisent les élévations de température anormales qui compromettraient les isolements. Pour évacuer cette énorme quantité d'énergie thermique au fur et à mesure de sa production, on ne peut guère songer à des réfrigérants liquides, bien que d'intéressantes tentatives aient été faites dans ce sens; en général, c'est à des réfrigérants gazeux, à une circulation d'air que l'on a recours; on trouve aisément que si l'on a fixé une élévation de 30° C pour cet air entre l'entrée et la sortie et si l'on néglige la dissipation de chaleur par conduction, il faudrait, dans l'exemple précédent, faire circuler environ 3 m^3 d'air par seconde. On peut juger par là de l'importance des moyens de ventilation qu'il faut mettre en œuvre; la dépense supplémentaire qu'ils entraînent peut être évaluée dans les grands alternateurs à 200 ou 300 w par kilowatt de chaleur à dissiper; mais cette dépense peut s'élever jusqu'à 600 à 700 w par kilowatt dans les alternateurs de moyenne et petite puissances. On a cherché à substituer à l'air des gaz ayant un pouvoir refroidissant plus considérable, comme l'hydrogène ou l'hélium; mais ces essais n'en sont encore qu'à leurs débuts. D'autres difficultés d'ordre bien plus terre à terre se présentent; si l'on opère sans précautions, l'air employé à la ventilation entraînant des poussières mettrait à la

Digitized by Google

longue l'alternateur hors d'usage; si l'on évalue à 5 milligrammes par mètre cube le poids de poussière entraîné, le débit précédemment indiqué correspondrait à un passage de 800 kg de poussière par an, quantité tout à fait inadmissible même en admettant qu'une partie seulement soit retenue dans la machine; d'où la nécessité soit de filtrer l'air, soit d'opérer en circuit fermé. Nous nous bornons ici à indiquer ces deux solutions.

Moteurs à courants alternatifs. — Les moteurs à courants alternatifs ou alternomoteurs n'ont pas fait des progrès moins considérables; ils se partagent comme on le sait en trois grandes classes: les moteurs synchrones, les moteurs à collecteur et les moteurs asynchrones. Les premiers, avec quelques inconvénients comme la nécessité d'un synchronisme exact, la possibilité du décrochement et l'obligation d'alimenter les inducteurs en courant continu, présentent un avantage inappréciable qui leur a donné dans ces dernières années une importance particulière : suivant leur degré d'excitation, ils peuvent, vis-à-vis du réseau qui les alimente, jouer le rôle soit d'une bobine de réactance, soit d'un condensateur, c'est-à-dire produire un déphasage en arrière ou un déphasage en avant du courant sur la tension, c'est-à-dire encore, pour employer un langage plus moderne, absorber ou fournir de la puissance réactive.

Dans les grands réseaux aériens — et à plus forte raison dans ceux qui comportent une partie souterraine importante — la marche à vide ou à faible charge peut présenter des difficultés particulières; la capacité du réseau provoque, dans les points éloignés de celui-ci, des relèvements anormaux de tension qui rendent toute régulation impossible; la puissance réactive, au lieu d'être absorbée, est fournie en trop grande quantité par le réseau : des moteurs synchrones *sousexcités*, placés en des points convenablement choisis, absorberont cet excédent de puissance réactive et ramèneront ainsi la tension à sa valeur normale; au contraire, en charge, il peut arriver que le déphasage en arrière provoqué par les appareils d'utilisation, provoque des chutes de tension que des moteurs synchrones convenablement *surexcités* combleront en fournissant sur place la puissance réactive nécessaire.

Ces solutions sont naturellement encouragées par les grandes compagnies de distribution grâce à des combinaisons de tarifs qui rendent avantageuses aux deux parties l'installation de ce matériel supplémentaire. Des moteurs synchrones, dont la puissance totale est de l'ordre de plusieurs milliers de kilowatts, sont ainsi utilisés en France pour ce but spécial. De nombreux travaux publiés sur ce sujet ont complètement élucidé la question, tant au point de vue technique qu'au point de vue économique.

Les moteurs monophasés à collecteur ont eu un moment une grande vogue. Des trésors d'ingéniosités y ont été dépensés pour combattre leur réactance intérieure, améliorer leur facteur de puissance, assurer leur bonne commutation. Ils ont perdu quelque peu de leur importance en France par l'adoption généralisée du courant continu à haute tension pour la traction électrique. Mais dans les pays qui ont adopté la traction monophasée, on construit couramment des moteurs monophasés à collecteur de 800 à 1200 ch; les vitesses périphériques d'induit y atteignent 60 à 70 mètres : sec, et celle du collecteur 45 mètres : sec pour la vitesse maximum du train : ces nombres montrent à quelle perfection a été portée cette construction. Mais en dehors de la traction, et surtout pour les faibles puissances leurs applications sont nombreuses (moteurs d'ascenseur, moteurs à vitesse variable pour filatures, etc...).

Le moteur asynchrone, en général à courants polyphasés, n'a reçu dans ces dernières années que des perfectionnements de détail : signalons cependant un certain développement des moteurs de M. Boucherot à double cage d'écureuil, l'une extérieure résistante fonctionnant au démarrage, l'autre intérieure peu résistante fonctionnant en marche normale, dont la théorie et le calcul ont fait de notables progrès.

Les moteurs asynchrones, si simples de principe et de construction, ont deux inconvénients qu'on a cherché à combattre : ils ont un facteur de puissance notable et une vitesse peu variable, au moins si l'on veut conserver un rendement satisfaisant; par une combinaison judicieuse du moteur asynchrone et du moteur à collecteur, on peut obtenir le réglage du facteur de puissance ou de la vitesse du moteur asynchrone ou les deux réglages à la fois. La variété des montages est presque indéfinie : ils dérivent en général de la disposition fondamentale qui consiste à fermer le rotor du moteur asynchrone à régulariser sur les balais d'une machine polyphasée à collecteurs. Ces montages ont pris une importance considérable dans ces dernières années et il semble que c'est par cette voie détournée plutôt qu'en vue des applications directes que se développeront dans l'avenir les machines à courants alternatifs à collecteur.

6. *Transmission d'énergie électrique.* — Le point d'aboutissement de tous ces efforts dont bien imparfaitement nous venons de résumer quelques traits, se trouve aujourd'hui dans les grandes transmissions d'énergie à haute tension qui, dans le domaine de l'énergie, constituent une conquête d'une importance au moins égale à celle qu'au milieu du siècle dernier représente, dans le domaine de la matière, le développement des réseaux de voies ferrées. Les belles communications de MM. Bizet et Drouin, à l'occasion du soixante-quinzième anniversaire de la Société des Ingénieurs civils de France me dispensent d'insister sur ce sujet qui demanderait à lui seul une étude complète.

(*A suivre.*)

Digitized by Google

L'INDUSTRIE DE LA RADIOÉLECTRICITÉ

M. Brenot (1) a fait à la Société d'Encouragement à l'Industrie Nationale une communication fort intéressante sur l'évolution et l'état actuel de l'industrie radioélectrique. Nous allons résumer les points les plus intéressants de cette étude, qui rentre dans le cadre des enquêtes que la *Revue générale des Sciences* avait ouvertes, dès 1916, sur les industries françaises.

Avant que la radiophonie n'ait commencé, il y a quelques années, à la rendre populaire, l'industrie radioélectrique restait une des moins connues, une des moins comprises, et cependant son rôle est des plus importants, tant du point de vue social que du point de vue politique. Elle peut devenir un facteur de civilisation de premier cadre. C'est une industrie extrêmement complexe. Née d'une science difficile et neuve, celle de la radioélectricité, dont elle applique les phénomènes les plus compliqués à toutes les échelles : mouvements électroniques, désagrégation des atomes, création des oscillations électriques, rayonnement, propagation des ondes hertziennes de toutes amplitudes, de toutes dimensions, depuis quelques centimètres jusqu'à plus de 20 km, elle reste une industrie de physiciens autant que d'ingénieurs.

Peu d'industries comptent autant de savants, d'ingénieurs et de laboratoires.

1. C'est en Angleterre qu'est née l'industrie radioélectrique, où elle fut créée par Marconi. Le premier brevet qu'il prit sur la T. S. F. date de 1896. En 1897 fut créée la « Wireless Telegraph and Signal Company », premier nom de la « Marconi's Wireless Telegraph Company Ltd » qui compte aujourd'hui des filiales dans tous les pays.

En Angleterre et en Allemagne on comprit tout de suite le rôle que la T. S. F, devait jouer dans le monde. « Gouvernement et industrie, dans ces pays, marchaient la main dans la main pour le développement de la puissance, de l'influence nationale. C'était la politique de soutien. En France, l'industrie naissante ne connut pas même une politique d'abstention, mais une politique de brimades ».

2. Jusqu'en 1914, la T. S. F. existe seule industriellement, la téléphonie sans fil restant dans le domaine du laboratoire. Elle est appliquée à un domaine où elle n'a pas de concurrent possible : sauvegarde des navires en mer et besoins militaires. Quelques communications transatlantiques fonctionnent entre l'Angleterre et le Canada; plusieurs communications entre l'Allemagne, les États-Unis, l'Afrique, sont en voie de réalisation. Mais le marché de la T. S. F., qu'il s'agisse de ventes ou d'exploitations, est limité aux administrations civiles et militaires, aux grandes compagnies de navigation, aux grandes compagnies de T. S. F.

« Un peu avant la guerre sont toutefois apparus de nouveaux dispositifs qui vont accroître considérablement les débouchés de la T. S. F. et permettre d'industrialiser la téléphonie sans fil.

« La guerre provoque une recrudescence de travail pour les applications militaires et, quand elle se termine, les alternateurs de haute fréquence, d'une part, les appareils à lampes, d'autre part, sont au point, et vont transformer complètement les possibilités commerciales de la radioélectricité.

« Les communications aux grandes distances deviennent réalisables dans des conditions bien meilleures que par les voies sous-marines.

« Pour les petites distances, on dispose d'appareils simples, peu coûteux, à grande vitesse, à grand rendement.

« Non seulement enfin la téléphonie sans fil est rendue industriellement applicable, mais elle va pouvoir devenir populaire.

« Les industries allemande, anglaise, américaine, se sont considérablement développées. Elles ont des filiales et des concessions d'exploitation en de nombreux pays, des appuis financiers énormes. »

En France, rien n'était organisé. Deux ou trois compagnies rivales, dont les capitaux atteignaient à peine quelques millions de francs, se disputaient le marché. Malgré que nous disposions de techniciens de premier ordre, de systèmes excellents, comme l'avenir l'a prouvé depuis, notre situation était lamentable.

« Le pourquoi d'un tel état de choses se trouve être dans la manière exclusive dont, contre tout bon sens, furent longtemps interprétées en France les lois sur le monopole télégraphique de l'État.

« Une industrie de communications ne peut prospérer, ne peut se développer que sous un régime de liberté. L'action à l'étranger est délicate et difficile. Qu'il s'agisse d'une concession de construction, d'exploitation, les chances d'aboutir sont faibles, ou nulles si, en face de concurrents qui disposent de stations correspondantes chez eux, qui apportent non seulement du matériel, mais aussi une ou plusieurs communications, on ne peut proposer qu'une liaison éventuelle avec des postes d'État et, si, à côté de l'affaire commerciale à conclure, doivent être poursuivies des négociations administratives, et même diplomatiques. »

C'est dans ces conditions que se forma, avec la collaboration de la « Compagnie française des Câbles télégraphiques » et de plusieurs importants établissements financiers français, un solide groupement, qui devint l'armature principale de l'industrie française radioélectrique, dans son action internationale et dont la compagnie mère prit le nom de « Compagnie générale de T. S. F. »

Des sociétés filiales se partagèrent les divers domaines

(1) *Bulletin de la Société d'Encouragement à l'Industrie Nationale*, juillet-août-septembre 1926.

Digitized by Google

de la radioélectricité, tout en dirigeant leurs efforts vers un but commun.

La « Compagnie générale de T. S. F. » se chargeait de l'organisation de communications internationales, la « Société française radio-électrique » des études et de la construction du matériel, la « Compagnie radio-maritime » de l'exploitation des stations de bord et d'aéronefs, la « Radiotechnique » de la construction des tubes à vide pour l'émission et la réception.

Des hommes de gouvernement, intelligents et patriotes, comprirent la gravité de la situation. Ils virent la nécessité impérieuse de doter notre pays d'un grand centre radioélectrique commercial, susceptible d'attirer vers lui le trafic mondial et de confier la réalisation de ce centre et son exploitation, à un organisme ayant la vitalité, la souplesse des entreprises industrielles, et la liberté d'agir à l'étranger que ne pouvait avoir une administration d'État.

En octobre 1920, la « Compagnie générale de T. S. F. » fut autorisée à construire et exploiter à Paris un grand centre radioélectrique, susceptible de communiquer avec tous pays.

« Le centre projeté était de beaucoup le plus puissant du monde. Les compagnies françaises voulaient d'un seul coup rattraper le temps perdu, et se réserver l'avenir.

« Tous les droits et contrôles de l'État étaient sauvegardés. Il ne courait aucun risque, n'engageait aucuns capitaux et se réservait néanmoins une importante part des bénéfices.

« Très avantageuse pour l'État, la convention du 29 octobre 1920 l'était pour les compagnies françaises, surtout par ses répercussions à l'étranger. »

Le grand centre de Sainte-Assise, commencé en 1921, a été terminé en 18 mois. Avec ses 21 pylônes, dont 17 de 250 m de hauteur, ses moteurs totalisant plus de 4000 ch, ses 7 stations d'émission à ondes longues et ondes courtes, susceptibles de débiter plus de 100 mots à la minute, et dont l'une peut mettre en jeu jusqu'à 1000 kw-antenne, il est actuellement le centre radioélectrique le plus puissant du monde.

La création de Sainte-Assise a inauguré une ère nouvelle de l'industrie française radioélectrique qui, à dater de ce jour, a commencé à compter vraiment dans le monde.

En possession de l'organisme national indispensable pour leur action au dehors, les compagnies françaises associées intensifient cette action, et les résultats répondent aux prévisions.

Elles construisent le grand poste de Prague, celui de Bucarest, celui de Belgrade. Elles obtiennent la concession de la T. S. F. en Yougo-Slavie. Elles construisent les postes de Kovno, de Riga, fournissent les appareils puissants de la station de Bruxelles. Un groupe italien associé obtient la concession de la T. S. F. en Italie, et les machines françaises sont montées dans la grande station de Coltano, près de Pise, de Milan. Actuellement, elles construisent les grands postes de Constantinople et d'Angora. Elles ont construit et exploitent les stations de Saïgon, de Beyrouth et de Cayenne.

En Amérique du Sud, pays où les résultats acquis par les compagnies américaine, anglaise, allemande, étaient déjà grands, la « Compagnie générale de T. S. F. » rétablit la situation. Elle entre sur pied d'égalité dans les organisations argentine, brésilienne, chilienne. Le même résultat est acquis en Chine.

3. Depuis 1920, l'industrie radioélectrique est entrée dans une nouvelle phase. Grâce à l'emploi des lampes à trois électrodes, la radiotéléphonie a pris un développement inespéré.

C'est aux États-Unis, où l'industrie est libre et où il n'existe pas de monopoles d'état, que la radiotéléphonie a pris, en très peu de temps, un magnifique développement. Le premier poste de radiodiffusion fut créé, à Pittsburg, en Pensylvanie, en 1920.

En 1925, le chiffre de l'industrie radioélectrique aux États-Unis atteignait 78 millions de dollars. Sur 24 millions de maisons aux États-Unis, 4 millions ont des récepteurs radiophoniques. On estime à 25 millions le nombre des antennes écoutant les grandes manifestations radiophoniques.

En France, en vertu des lois sur le monopole télégraphique, l'administration des P. T. T. considère que le domaine de la radiophonie lui appartient.

« Elle n'est pas parvenue encore à établir une doctrine sur l'exploitation de ce domaine; mais, en attendant, elle interdit à d'autres de l'exploiter. Tant pis pour la radiophonie française, pour les auditeurs, pour l'industrie, pour les finances de la France...

« Les quelques stations qui donnent de maigres concerts sont *tolérées*, d'une manière *provisoire et précaire*.

« Elles vivent, ou végètent plutôt, grâce aux subventions que leur accordent constructeurs, commerçants, particuliers.

« On leur refuse, et cela même quand elles offrent de payer (car l'État n'a pas besoin de recettes !), les lignes téléphoniques qui leur permettraient de radiodiffuser les théâtres, les concerts, les grandes manifestations. »

La France ne compte qu'une station privée de grande puissance, « Radio-Paris » exploitée par une compagnie fondée, dans l'espoir de jours meilleurs, par quelques-uns des principaux constructeurs de matériel de T. S. F., avec l'aide de plusieurs grands quotidiens, de l'Agence Havas, et d'établissements de crédit.

Cinq autres stations privées, dont celle du *Petit Parisien*, de moyenne et petite puissances, donnent des concerts réguliers à Paris et en province.

Quelques stations de l'Administration des P.T.T., dont deux seulement, celles de la Tour Eiffel et de la rue de Grenelle, font des émissions assez importantes, sont confiées à des associations et groupements privés.

Il faut espérer que les pouvoirs publics finiront par comprendre l'intérêt vital de notre pays et par remédier

Digitized by Google

à cette situation lamentable. « Cependant, malgré le marasme relatif et momentané de la branche « radiophonie », les grandes compagnies associées, grâce à leurs succès mondiaux en télégraphie sans fil, ont pris une extension considérable.

Leur groupe totalise, en France, un capital de 165 millions. Elles ont en outre créé des compagnies filiales à l'étranger, et ont pris des participations dans des compagnies étrangères. Dans douze sociétés réparties en Argentine, au Brésil, en Belgique, en Pologne, en Italie, en Yougo-Slavie, etc., leur action est particulièrement importante. Le groupe français occupe 2600 personnes.

En dehors des services de fabrication, les laboratoires de Levallois, Suresnes, Houilles, Villecresnes, couvrent plus de 5200 m², ont coûté 5,5 millions, comptent 45 ingénieurs et un grand nombre d'agents techniques. Les dépenses des services de recherches et d'essais ont dépassé 4 millions en 1925; 210 bateaux étaient équipés par la « Compagnie Radio-Maritime » en 1919. Elle en compte maintenant plus de 900. La « Radio-technique » fabrique annuellement 2 200 000 lampes de réception et 100 000 kw de lampes d'émission. Le trafic de la « Compagnie Radio-France » fut de 500 000 mots environ par mois en 1922.

Il a atteint 1 700 000 mots en mars 1926.

A côté des compagnies associées, de nombreux constructeurs actifs et pleins d'initiative (Ducretet, Gaumont, Lévy, Metal, Montastier, Radio-Industrie, Société indépendante de T. S. F., Compagnie des Compteurs, etc.), le Syndicat professionnel des Industries radioélectriques compte deux entreprises occupant plus de 200 ouvriers et 130 occupant moins de 200 ouvriers, mais leur activité, tournée plus essentiellement vers la radiophonie, ne peut trouver tout le succès qu'elle mérite, étant donnée l'attitude des pouvoirs publics jusqu'à ce jour.

A. B.

Nous ajouterons que le statut que l'on vient de donner à la radiophonie n'a pas répondu aux attentes des intéressés.

Il manque de générosité à l'égard de cette industrie naissante et pleine de promesses.

On ne peut que regretter de voir cette dernière devenir peu à peu une industrie d'État, c'est-à-dire qu'elle tendra vers la négation de tout progrès.

A. S.

La reproduction des matières contenues dans **L'Industrie électrique** *sans citation de ce journal est interdite.*

Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus.

LES ACCIDENTS
DE
L'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE ET DOMESTIQUE

(Suite et fin.)

L'article ci-dessous est la suite de celui déjà paru dans notre numéro du 10 mars 1927 pages 101 à 105, il contient le résumé des conférences faites récemment au Conservatoire des Arts et Métiers par un maître remarquable, le Dr Zimmern qui s'est spécialisé dans l'étude des accidents dus à l'électricité.

Comme l'a dit si bien le Dr Zimmern, ce ne sont pas les « volts qui tuent » mais l'intensité du courant traversant les organes vitaux du corps humain.

Les machines électro-statiques, quoique donnant des centaines de mille volts, n'ont jamais tué personne, car leur grande résistance intérieure s'oppose au passage d'un courant mortel. Mais dans les accidents journaliers les seules constantes que l'on puisse connaître sont la tension du courant en volts et sa fréquence, la résistance de la victime est généralement une inconnue, on est donc bien obligé de se rapporter à la tension.

Les dangers des courants électriques devraient être connus de tout le monde, les enfants dans les écoles devraient être prévenus et mieux encore, le Dr Zimmern a proposé de les rappeler aux consommateurs d'électricité en imprimant quelques phrases lapidaires sur les factures ou les carnets des compteurs. Les Compagnies d'électricité ont peut-être vu là une publicité de mauvaise augure et s'y sont opposées, cependant il nous semble que ce n'est pas desservir la cause de l'électricité que d'indiquer la manière de s'en servir sans danger. N. D. L. R.

Les secours à apporter aux électrocutés. — La conduite à tenir à la suite d'un accident par l'électricité (1) exige la connaissance du mécanisme de la mort. D'Arsonval a, le premier, expliqué la mort par une action sur le bulbe. Le choc aurait pour effet l'arrêt respiratoire par inhibition bulbaire. Cette inhibition pourrait, du reste, n'être qu'un premier degré d'une désorganisation des éléments nerveux.

Il découle de cette théorie que si l'arrêt respiratoire, l'asphyxie, est la cause des accidents mortels par l'électricité, un électrocuté doit être traité comme un noyé, c'est-à-dire par la respiration artificielle. Ce principe est aujourd'hui universellement admis.

D'après Jellinek, les résultats de la respiration artificielle s'expliqueraient par ce fait que la mort ne serait le plus souvent qu'une « mort apparente ». Elle ne deviendrait définitive que faute de soins.

A côté de l'asphyxie par inhibition bulbaire, il n'est

(1) Conférence faite aux Journées Médicales de Bruxelles.

Digitized by Google

pas douteux cependant que quelques cas, notamment en basse tension, doivent relever de l'asphyxie provoquée par la tétanisation des muscles respiratoires (Zacon, Balthazard).

Mais à l'encontre de la théorie bulbaire, une théorie concurrente est née de l'expérimentation physiologique. En 1898, Oliver et Bolam les premiers, en expérimentant sur l'animal, observèrent des modifications remarquables du rythme cardiaque. Soumis à un fort courant, le cœur s'arrête et manifeste son agonie par des trémulations fibrillaires du ventricule. L'arrêt respiratoire ne précéderait pas mais succéderait, au contraire, à l'arrêt circulatoire. Chez certains animaux les trémulations fibrillaires sont définitives et par conséquent aucune rémission n'est possible; c'est ce qui se produit chez le chien, chez le rat, le lapin, le cobaye, le cœur ne perd pas son aptitude à revenir au rythme normal.

Les expériences classiques de Prévost et Batelli, de Genève, chez le chien, ont amené ces auteurs à préciser le rôle de la tension et à conclure que sous l'influence des courants de basse tension, le cœur se mettait toujours en trémulations fibrillaires, que celles-ci étaient définitives, et que la mort survenait ainsi par arrêt circulatoire. Les hautes tensions, par contre (au-dessus de 1200 v environ), n'agiraient plus en général sur le cœur, la mort survenant par inhibition, par arrêt respiratoire. Le cœur pourrait s'arrêter, mais si la respiration artificielle parvient à ranimer l'animal, le cœur reprendrait son rythme normal.

Chose curieuse, lorsque sous l'action d'un courant électrique de basse tension, le cœur d'un animal est entré en trémulations fibrillaires, il suffit, souvent, à condition d'opérer en moins de 15 secondes après l'électrocution, de faire traverser le cœur par un courant de haute tension pour lui voir reprendre son rythme normal.

Prévost et Batelli invoquent à l'appui de leur conception, d'une part les effets bien connus de la foudre, qui, constituée par des décharges oscillantes de très haute tension, produit souvent une simple inhibition, la victime reprenant ses sens après le choc, ou pouvant être tirée d'affaire par la respiration artificielle, et d'autre part, les résultats des électrocutions américaines qui peuvent être considérées comme de véritables expériences de laboratoire sur l'homme.

Dans les premières électrocutions, en effet, les condamnés furent soumis à un courant de haute tension de plusieurs milliers de volts qui ne réalisa pas l'effet attendu, la respiration reprenant après quelques instants, et le pouls continuant à battre. Aussi fit-on suivre cette application d'une décharge sous basse tension, qui, elle, détermina la mort définitive. D'après Prévost et Batelli, cela signifierait que la haute tension agit électivement sur le bulbe et que pour arrêter le cœur d'une façon définitive c'est à la basse tension qu'il faut avoir recours.

Jellineck, adversaire résolu de cette théorie, la taxe de fantaisie et de légende. Il lui reproche avant tout la hardiesse de conclusions fondées sur des conditions expérimentales artificielles, puisque l'animal est soumis non pas seulement à l'action du courant électrique, mais également à la narcose chloroformique, à la ventilation respiratoire, et qu'il a le thorax ouvert.

En outre, contrairement à ce que l'on observe chez le chien, les contractions fibrillaires ne seraient pas définitives chez certaines espèces de singes, et il semble évidemment plus judicieux d'établir un rapprochement avec le singe que de conclure du chien à l'homme.

Jamais, du reste, aucun observateur ne s'est trouvé à même de prouver chez l'homme l'existence des trémulations fibrillaires, à la suite d'accident électrique, puisque jamais on n'a pu faire une autopsie assez immédiate. Il est vrai qu'elles ont pu être observées par Kronecker dans le cas d'un nouveau-né, irrémédiablement condamné en raison d'une ectopie cardiaque. En excitant le cœur par un courant de basse tension, les contractions fibrillaires apparurent, mais aussitôt la cause excitatrice supprimée, le muscle cardiaque reprit son rythme normal. On pourrait donc en inférer que chez l'homme les trémulations fibrillaires, à l'encontre de ce qui se passe chez le chien, ne sont pas définitives. Mais, d'après Batelli, cette déduction serait erronée, parce que l'animal nouveau-né fait exception à la règle. Chez le tout jeune chien, par exemple, les trémulations fibrillaires font place au rythme normal, peu après la cessation du courant.

Quoi qu'il en soit de cette importante discussion, on peut faire remarquer que le retour à la vie d'un bon nombre d'électrocutés ne se concilie guère avec la théorie de la fibrillation définitive. Néanmoins, nous considérons comme sage et prudent dans l'état actuel de nos connaissances de ne pas se laisser enfermer dans un exclusivisme trop rigoureux.

Au point de vue de la propagande notamment, adopter une doctrine trop étroitement uniciste risquerait, en effet, de conduire à des conséquences dangereuses. En admettant, par exemple sans réserves, la théorie cardiaque, on décourageait fatalement les médecins de tenter quoi que ce soit pour ranimer un électrocuté, puisque cette théorie considère comme sans appel l'arrêt du cœur en trémulations fibrillaires. De même, laisser s'accréditer dans les milieux ouvriers cette opinion que l'électrolocution n'est jamais qu'une mort apparente n'est-elle pas susceptible d'endormir fâcheusement leur défiance?

Jusqu'à plus ample informé, il y a lieu, semble-t-il, de s'en tenir à cette formule provisoire que la mort par électrocution a généralement pour origine soit l'asphyxie par tétanisation des muscles respiratoires, soit l'asphyxie par inhibition bulbaire, remédiable dans certains cas (mort apparente), soit l'arrêt circulatoire provoqué par la fibrillation cardiaque.

Les pouvoirs publics, en France, se sont récemment émus de la fréquence des accidents, en dehors des usines, sur la voie publique et à domicile. Une commission nom-

Digitized by Google

mée par le ministre des Travaux Publics a été chargée de reviser les anciennes prescriptions devenues insuffisantes avec les progrès et le développement de l'industrie électrique. En vue d'une propagande efficace, elle a émis, en outre, le vœu qu'indépendamment des affiches et instructions mises à la portée du public, la question fît partie des programmes d'enseignement, avec ses développements nécessaires dans les écoles supérieures et professionnelles sous forme de leçons de choses à l'école primaire. Les Facultés de Médecine n'ont pas été oubliées, car il importe que les médecins n'ignorent pas les méfaits possibles de l'électricité, chapitre important d'hygiène collective, et qu'ils soient à même d'agir efficacement lorsqu'ils seront appelés à donner leurs soins dans un cas d'accident.

Peut-être les chirurgiens nous reprocheront-ils d'avoir passé sous silence la question des brûlures électriques. Par son intérêt spécial, ce chapitre ne saurait s'accommoder d'un exposé sommaire. Aussi est-ce délibérément que nous avons tenu à nous limiter dans cette étude aux accidents mortels susceptibles de se produire sur la voie publique ou à domicile.

Au point de vue thérapeutique, il est évident que, dans tout accident électrique, la première préoccupation doit être de faire couper le courant, et si la victime se trouve suspendue à un câble de préparer un lit de foin, de paille, des matelas, etc., pour éviter les conséquences de sa chute sur le sol.

On ne saurait assez instruire le public du danger que l'on court en cherchant à délivrer la victime d'un accident, tant qu'elle se trouve encore en contact avec la tension, parce qu'on risque d'être électrocuté soi-même.

Dans un récent accident survenu dans une installation radiographique, où un de nos regrettés collègues trouva la mort, ceux qui assistèrent à son électrocution, instinctivement, se précipitèrent sur lui pour essayer de le relever. Une commotion désagréable les obligea à renoncer à leur tentative.

Cette imprudence peut avoir des suites plus graves, comme le montre ce triste fait divers : Un câble nu, parcouru par de la basse tension, emprunte quelque part la tranchée du chemin de fer. Un enfant qui avait franchi les haies de clôture de la voie et jouait au voisinage est pris entre la tension et le sol et électrocuté. Un de ses petits camarades qui s'amusait avec lui, ayant compris ce qui lui arrivait, veut lui porter secours; il tombe à son tour. Il en fut de même d'un passant qui tenta d'arracher les enfants au danger.

Il importe donc de ne chercher à venir en aide à un électrocuté resté au contact de la tension qu'en prenant pour soi-même toutes précautions d'isolement nécessaires : si possible, on cherchera à dégager la victime par une perche de bois sec, ou une corde également bien sèche, etc.

Tout médecin doit savoir aujourd'hui comment porter secours à un électrocuté. D'après ce que nous avons dit plus haut, il doit rester bien entendu que si même l'on admet la fréquence de la mort par contractions fibrillaires, on ne devra jamais considérer la victime comme définitivement perdue.

Boruttau, dans des expériences sur les chats et les chiens, affirme avoir réussi à ramener le rythme normal par des injections intracardiaques de camphre ; dans d'autres circonstances, le même résultat a pu être obtenu par le massage sous-diaphragmatique du cœur. Mais, à notre connaissance, ces tentatives, de même que l'excitation cardiaque par un courant de haute tension, comme nous l'avons vu plus haut, n'ont jusqu'ici jamais été faites chez l'homme.

C'est à la respiration artificielle, d'après l'axiome thérapeutique énoncé par d'Arsonval : « Un électrocuté doit être traité comme un noyé », qu'il convient d'avoir recours. Cette pratique est restée à juste titre de tradition en quelque sorte, dans le traitement des accidents de l'électricité.

C'est sans tarder qu'il convient d'instituer la respiration artificielle ; il n'y a aucun intérêt pour le médecin à procéder à l'examen du cœur, des réflexes, des pupilles. Même en l'absence de pouls ou de manifestations de la réflectivité, il faut au plus vite entreprendre les manœuvres respiratoires.

Autrefois, les anciennes prescriptions conseillaient les tractions rythmées de la langue. Celles-ci sont aujourd'hui abandonnées, parce qu'à chercher à ouvrir la bouche violemment contractée, on perd un temps précieux, parce qu'entre des mains inexpérimentées, il peut se produire des déchirements ou des arrachements, et enfin parce que la méthode ne semble pas avoir réellement l'efficacité qu'on lui a longtemps attribuée.

A la méthode de Sylvester, si longtemps classique et qui exige des aides susceptibles de se relayer, s'est substituée, en raison de la simplicité de sa technique, la méthode de Schäfer. On sait que, dans cette méthode, la victime étant couchée sur le ventre et le sauveteur à cheval sur ses cuisses, ce dernier, utilisant le poids de son corps, comprime avec la face palmaire de ses mains les parois latérales du thorax dans un mouvement rythmique à la cadence de la respiration.

Cette manière de faire est peu fatigante pour le sauveteur et lui permet de prolonger très longtemps son action. La méthode dispense, du reste, de tirer la langue, et elle s'oppose, par la position du sujet, à ce que les mucosités viennent encombrer le pharynx.

Il y a quelques années, un jeune médecin, Panis, a imaginé un dispositif automatique, produisant la compression et la décompression thoraciques, selon le procédé de Schäfer, par la simple manœuvre d'un levier. L'effort à faire sur ce levier est si faible qu'un ouvrier, un infirmier, un sauveteur quelconque peut manœuvrer l'appareil d'une seule main et cela pendant des heures entières, sans la moindre fatigue. L'appareil de Panis, utile dans tous les cas d'asphyxie, est déjà en service dans beaucoup

Digitized by Google

d'hôpitaux, de postes de secours, et il devrait être rendu obligatoire dans toutes les usines où peuvent se présenter des cas d'asphyxie.

La durée pendant laquelle il convient de poursuivre les manœuvres ne se prête pas à une réglementation. On a dit qu'il fallait persévérer tant que la victime ne présentait pas des signes de mort certaine. La vérité est qu'il ne faut pas se contenter d'un abrégé de respiration artificielle.

C'est un fait bien connu que les noyés restés une demi-heure sous l'eau ont pu être rappelés à la vie, après plusieurs heures de respiration artificielle. Or, il en est de même pour les accidents d'électricité où il semble qu'il s'agisse dans bien des cas de mort apparente, et où on ne refusera pas à la victime plusieurs heures d'efforts.

Je voudrais que les sauveteurs eussent entendu comme moi, de la bouche même de la victime, un ingénieur, frappé au cours d'une réparation dans une cabine de transformateur et « rescapé », grâce à la courageuse persévérance d'un de ses ouvriers, me décrire son angoisse, lorsque, à l'orée du retour de conscience, il perçut comme lointaine et étouffée la voix du second de ses collaborateurs qui s'écriait : « Maintenant, on peut le laisser, il ne reviendra plus! » Dr Zimmern.

REMARQUES SUR LA RÉVERSIBILITÉ DES RHÉOSTATS D'EXCITATION

DU TYPE POTENTIOMÉTRIQUE

Il est des cas où, dans un circuit électrique comme, par exemple, l'enroulement d'excitation d'un survolteur réversible à régulation manuelle, l'intensité de courant peut avoir à varier d'un maximum dans un sens, au maximum dans l'autre sens, en passant par zéro; si l'on se trouve branché sur un réseau à courant continu, type 3 fils, ces variations seront obtenues convenablement par un rhéostat de champ, type potentiométrique, monté de la façon indiquée figure 1.

Si F est l'enroulement ou tout autre organe où l'on désire produire la variation d'intensité, l'arrêt du contact mobile sur la gauche du rhéostat le relie directement sous la tension V_1; F est alors parcouru par l'intensité maximum dans le sens rhéostat-fil intermédiaire de la distribution. Inversement, l'arrêt du contact mobile sur la droite du rhéostat relie F directement sous la tension V_2, correspondant à un courant maximum de sens inverse du précédent. Le potentiel de l'extrémité inférieure de F peut donc varier entre les valeurs extrêmes des derniers plots de gauche et de droite du rhéostat par simple déplacement du curseur mobile; certaines positions intermédiaires de celui-ci correspondront pour lui-même à un potentiel équivalant à celui du fil commun du réseau; F ne sera donc parcouru par aucun courant. La précision de variation d'intensité ne dépend donc que du nombre de positions possibles du curseur mobile, c'est-à-dire du nombre de plots du rhéostat (1).

Pour étudier les équations du courant dans les différentes parties du circuit, et connaître ainsi la capacité d'utilisation d'un rhéostat potentiométrique de ce genre, examinons d'abord le cas général représenté figure 2.

Soient V_1 et V_2 les deux différences de potentiel maintenues constantes, mais pas nécessairement égales; soient R_1 et R_2 les tronçons gauche et droit du rhéostat, réglés par la position du curseur mobile; soient R_3 la résistance du circuit où l'intensité doit varier, C_1 et C_2 les intensités respectives dans les branches R_1 et R_2 du rhéostat; dans le cas de la figure, ces intensités circulent toujours de gauche à droite; mais le courant C_3 dans R_3 circule de bas en haut lorsque le contact mobile est à l'extrémité gauche du rhéostat, et de haut en bas, lorsqu'il est à l'extrémité droite; il s'annule par une position intermédiaire.

Etudions maintenant les équations du circuit :

On a : $$C_1R_1 + C_2R_2 = V_1 + V_2$$

Mais : $$C_1R_1 + C_3R_3 = V_1 \qquad (1)$$

D'où : $$C_2R_2 - C_3R_3 = V_2 \qquad (2)$$

D'autre part : $$C_1 - C_2 - C_3 = 0. \qquad (3)$$

Il convient de se souvenir que C_3 peut être positif ou négatif suivant les sens relatifs de C_1 et C_2; mais les équations (1), (2) et (3) sont tout à fait générales et montrent que C_3 varie en effet d'un maximum positif à un maximum négatif en passant par zéro.

En travaillant ces équations, on obtient :

En multipliant (3) par R_1 et en en soustrayant le produit de (1) :

$$C_2R_1 + C_3(R_1 + R_3) = V_1.$$

En multipliant ce résultat par R_2 et en en soustrayant R_1 fois (2) :

$$C_3(R_1R_2 + R_1R_3 + R_3R_1) = V_1R_2 - V_2R_1. \qquad (4)$$

Si l'on pose :

$$R_1R_2 = R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1$$

on obtient :

$$C_3 = \frac{V_1R_2 - V_2R_1}{\Sigma R_1R_2}. \qquad (5)$$

Portant cette nouvelle valeur de C_3 dans (1) on tire :

$$C_1R_1 + \frac{R_3(V_1R_2 - V_2R_1)}{\Sigma R_1R_2} = V_1$$

d'où, après simplification :

$$C_1 = \frac{V_1R_2 + R_3(V_1 + V_2)}{\Sigma R_1R_2}. \qquad (6)$$

---

(1) *The Electrical Review*, 26 décembre 1926. M. Thomas Carter.

Digitized by Google

On obtient finalement C_2 de l'expression (3),

$$C_2 = C_1 - C_3$$

$$C_2 = \frac{V_2 R_1 + R_3(V_1 + V_2)}{\Sigma R_1 R_2}. \qquad (7)$$

Les 3 expressions de C_1, C_2 et C_3 montrent clairement que :

pour $R_1 = 0$ $\quad C_3 = +\frac{V_1}{R_3}$ (tiré de (4))

pour $\frac{R_1}{R_2} = \frac{V_1}{V_2}$ $\quad C_3 = 0$ (tiré de (5))

pour $R_2 = 0$ $\quad C_3 = -\frac{V_2}{R_3}$ (tiré de (4)).

L'intensité dans R_3 varie donc comme il a été dit plus haut du maximum négatif $-\frac{V_2}{R_3}$ au maximum positif $+\frac{V_1}{R_3}$ en passant par toutes les valeurs intermédiaires, y compris zéro.

Prenons maintenant le cas d'un réseau de distribution ordinaire, à courant continu, 3 fils (fig. 3). Soient $R = R_1 + R_2$ la résistance totale du potentiomètre et r celle du circuit à intensité variable. La valeur de r est connue pour chaque cas de la pratique. Prenons R telle que $R = nr$ (n étant un facteur numérique quelconque) et désignons par Rx et $R(1-x)$ les 2 tronçons de résistance de chaque côté du curseur. On a alors :

$$Rn = rnx \quad \text{et} \quad R(1-x) = rn(1-x).$$

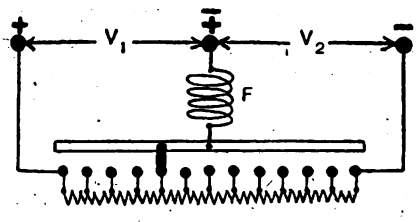


Fig. 1.

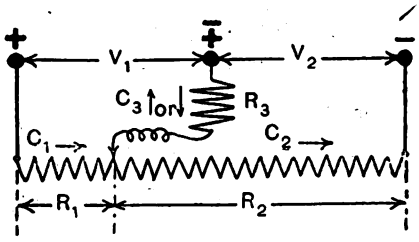


Fig. 2.

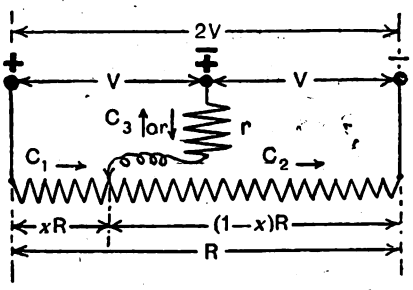


Fig. 3.

Si ces valeurs sont introduites dans les expressions de C_1, C_2 et C_3 trouvées plus haut, on obtiendra celles-ci en fonction de V, n, x et r. Leur dénominateur commun $\Sigma R_1 R_2$ deviendra $nr^2(1 + nx - nx^2)$ et leur expression générale qui était auparavant de la forme, pour C_1 par exemple :

$$C_1 = \frac{r_1 R_2 + R_3(V_1 + V_2)}{\Sigma R_1 R_2}$$

deviendra, après substitution et simplification :

$$C_1 = \frac{\frac{V}{r}\left(1 + \frac{2}{n-x}\right)}{1 + nx - nx^2} \qquad C_2 = \frac{\frac{V}{r}\left(\frac{2}{n+n}\right)}{1 + nx - nx^2}$$

$$C_3 = \frac{\frac{V}{r}(1 - 2x)}{1 + nx - nx^2}.$$

Ainsi donc, dans chaque cas, il est possible d'exprimer les intensités dans chaque branche en fonction de multiples de $\frac{V}{r}$ et de trouver leur valeur d'après la position x du curseur, x variant de 0 à 1.

Par exemple :

Pour $x = 0$

$$C_1 = \frac{\left(1 + \frac{2}{n}\right)V}{r} \qquad C_2 = \frac{\frac{2V}{n}}{r} \qquad C_3 = -\frac{V}{r}.$$

Pour $x = 0{,}5$

$$C_1 = \frac{\frac{2V}{n}}{r} \qquad C_2 = \frac{\frac{2V}{n}}{r} \qquad C_3 = 0.$$

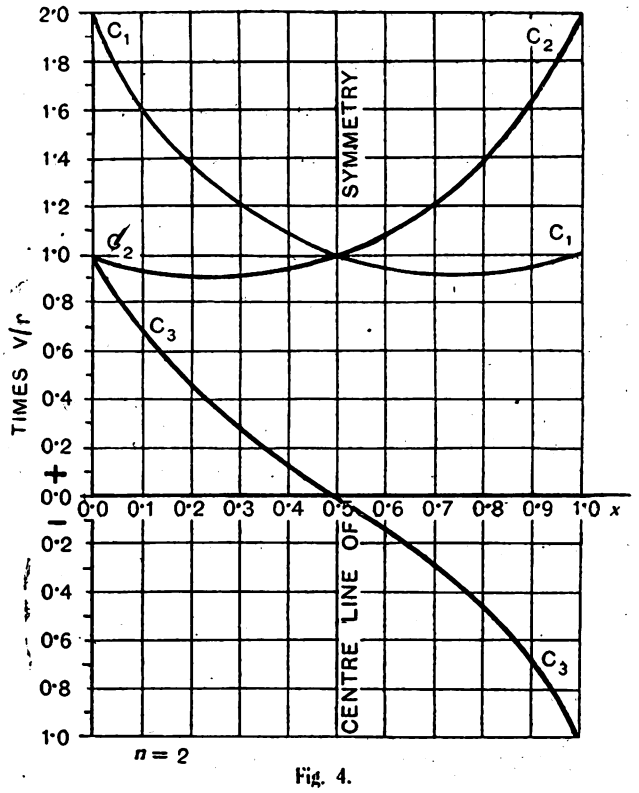


Fig. 4.

Pour $x = 1$

$$C_1 = \frac{\frac{2V}{n}}{r} \qquad C_2 = \frac{\left(1 + \frac{2}{n}V\right)}{r} \qquad C_3 = -\frac{V}{r}.$$

On remarque aussitôt qu'il existe 3 valeurs de C_3 qui

Digitized by Google

restent constamment indépendante du choix de n, c'est-à-dire de R. Ce choix influe seulement sur la forme de la courbe de variation du courant depuis ses valeurs extrêmes jusqu'à zéro.

Une étude analytique des expressions de C_2 et C_3 montre que pour toute valeur de n, les 2 courbes présentent un point symétrique par rapport à la verticale d'abscisse $x = 0{,}5$; qu'en outre, la courbe exprimant C_3 dans ses variations de $+\frac{V}{2}$ à $-\frac{V}{r}$ présente un point d'inflexion pour $C_3 = 0$ et $x = 0{,}5$ et présente les mêmes caractéristiques, mais changées de signe, par rapport à ce point. En d'autres termes, la verticale d'abscisse $x = 0{,}5$ est un axe de symétrie des 3 courbes.

Ces courbes sont donc de mêmes caractéristiques générales pour toute valeur de n ; il suffit d'en tracer un groupe (fig. 4) à titre d'exemple ; on y a choisi $n = 2$.

$$C_1 = \frac{\frac{V}{r}(2-x)}{1+2x+2x^2} \qquad C_2 = \frac{\frac{V}{r}(1+x)}{1+2x-2x^2}$$

$$C_3 = \frac{\frac{V}{r}(1-2x)}{1+2x-2x^2}.$$

Le tracé de ces courbes est fait en fonction de la variable x $(0 < x < 1)$; il montre les 3 nombres par lesquels il convient de multiplier $\frac{V}{r}$ pour obtenir les valeurs respectives des 3 intensités C_1, C_2 et C_3 correspondant à chaque position du curseur.

Les caractéristiques électriques de chaque bras de résistance sont déterminées par les intensités maxima qui peuvent être appelées à les traverser ; étant donné que chacun de ces bras est parcouru par C_1 lorsque le curseur est à gauche de sa position médiane, et C_2 lorsqu'il est à droite, le fil résistant doit en tout point pouvoir supporter l'intensité la plus élevée qui soit susceptible de passer en ce point.

Il sera donc prévu pour recevoir l'intensité C_1 pour toute la partie du potentiomètre située à gauche du point médian, et C_2 pour toute celle située à droite, ces intensités étant fournies pour chaque point, par les tracés des courbes. En d'autres termes, cette intensité variera, le long du potentiomètre, de $\frac{2V}{r}$ (généralement $\frac{\left(1+\frac{2}{n}\right)V}{r}$) à $\frac{V}{r}$ (généralement $\frac{\frac{2}{n}V}{r}$) de la position extrême droite du curseur jusqu'au centre, et de cette dernière valeur à $\frac{2V}{r}$ (généralement $\frac{\left(1+\frac{2}{n}\right)V}{r}$) du centre à l'extrême gauche. La loi de variation est symétrique par rapport au milieu de l'enroulement résistant.

Plus n sera choisi grand, plus la résistance totale du potentiomètre sera élevée, mais plus l'intensité qu'il pourra supporter sera faible.

Si les conditions d'emploi imposent un encombrement réduit de l'appareil, une étude plus poussée donnera la valeur optimum de n. La théorie seule ne saurait d'ailleurs y conduire qu'en des cas spéciaux, en raison de l'intervention d'autres facteurs pratiques tels que les diamètres de fils, la meilleure répartition économique de ces fils et, souvent, l'intérêt d'utiliser des pièces de fabrication courante.

Le principe général du dispositif ayant été exposé, la réalisation, pour chaque cas particulier, est souvent un cas d'espèce que l'usager seul peut résoudre. J. M.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 28 février 1927.

Sur la télévision. Premiers résultats dans la transmission des images animées, par MM. Belin et Holweck.

Le problème général de la télévision consiste à transmettre, après transformation en valeurs électriques correspondantes, les points successifs d'une image analysée en 1/16 de seconde, suivant une courbe convenable, et à recomposer, à la réception, l'image animée qu'on désire voir en faisant décrire à un point lumineux, dont l'intensité est modulée par les valeurs électriques transmises, exactement la même courbe que celle qui sert à l'analyse, et ceci avec un synchronisme rigoureux.

L'appareil que nous allons décrire est un perfectionnement de celui qui a permis d'obtenir les premiers résultats dans la vision à distance des silhouettes mobiles, et dont le fonctionnement a été montré à quelques savants le 26 juillet dernier.

Dans ce dispositif, nous préférons, au lieu d'analyser l'image d'un objet éclairé en permanence en totalité, déplacer sur l'objet lui-même un spot qui peut être extrêmement intense, tout en ne donnant qu'un éclairage moyen faible. L'éclairage total qui serait nécessaire pour obtenir simultanément, sur tous les points du visage à transmettre, le même éclat que celui donné par notre spot, serait tout à fait insupportable. Ce spot est obtenu en faisant sur l'objet l'image d'un petit diaphragme de 0,1 cm de diamètre, éclairé par le cratère d'un arc Garbarini.

La double sinusoïde d'analyse que nous employons, et qui a été proposée par Rignoux, est obtenue au moyen de deux miroirs oscillants autour d'axes rectangulaires sur lesquels vient se réfléchir le fin pinceau lumineux devant former le spot. L'oscillation des deux miroirs est obtenue au moyen de bielles et de manivelles, les deux axes actionnant les deux miroirs étant liés par une vis tangente dont le rapport de démultiplication définit le nombre de lignes par images. Ces arbres entraînent deux alternateurs transmettant à distance les coordonnées du point lumineux. Les courbes de courant données par ces machines doivent être bien sinusoïdales pour représenter le mouvement du point, car les bielles sont suffisamment longues pour que leur obliquité n'intervienne pas. La mise en phase est assurée par la rotation des stators des alternateurs.

Lorsqu'on désire transmettre la silhouette d'un objet animé, on reçoit le faisceau divergent, issu des miroirs oscillants,

Digitized by Google

sur un grand miroir de projecteur au foyer duquel est placée une cellule photo-électrique et l'on interpose l'objet dans le trajet du faisceau. Pour transmettre l'image en demi-teinte, il suffira de recevoir latéralement la lumière diffusée par l'objet en la concentrant, par un objectif à très grande ouverture relative, sur une cellule photo-électrique.

Le courant produit dans la cellule par la lumière est amplifié par un amplificateur à trois étages du type à liaison par contre-batterie.

La réception est faite au moyen d'un oscillographe cathodique, l'intensité du faisceau mobile d'électrons étant modulée au moyen d'un diaphragme percé d'un trou, porté à un potentiel variable par rapport au filament (1). L'oscillographe employé est métallique et il est relié à une pompe moléculaire hélicoïdale y entretenant un bon vide. On peut arrêter la pompe pendant plusieurs heures sans voir diffuser le faisceau. La tache cathodique très fine est déviée au moyen du courant des deux alternateurs agissant magnétiquement au travers d'un tube de maillechort de 0,1 mm d'épaisseur dans l'axe duquel passe le faisceau. La tension totale lançant les électrons est de 1000 v environ.

Pour régler l'ensemble, on commence par supprimer un des mouvements du spot et ne conservant, par exemple, que la coordonnée explorée à grande vitesse, on interpose un objet étroit perpendiculaire au déplacement. L'image sur l'oscillographe est généralement double, une différence de phase existant entre le mouvement du spot lumineux et le mouvement du faisceau cathodique. En faisant tourner le stator de l'alternateur correspondant, on ramène les points sur coïncidence. On fait de même pour l'autre coordonnée.

L'appareil d'étude actuellement construit et dans lequel une image est analysée par 33 lignes nous a permis de transmettre des images animées telles que la silhouette d'une main dans laquelle les mouvements des doigts sont visibles, l'ombre d'un profil humain, etc. On peut aussi transmettre un cliché photographique pourvu qu'il soit suffisamment simple.

Sur la périodicité des situations magnétiques troublées observées au Parc Saint-Maur et au Val-Joyeux, par M. C.-E. Brazier.

En 1912-1915, Chree (2) a étudié, par un procédé purement statistique, la loi de récurrence des orages magnétiques. Il a choisi pour chaque mois d'une période de 11 années les 5 jours les plus troublés et, en comparant leurs caractères magnétiques à ceux des 3 jours précédents et des 35 jours suivants, il a montré que les perturbations magnétiques avaient tendance à se reproduire à 27 jours d'intervalle. Cet intervalle est sensiblement égal à la durée de la rotation synodique des taches solaires (27j,275, d'après Carrington). Si l'on représente par R cette durée, les situations magnétiques troublées se reproduiraient donc à des intervalles sensiblement égaux à des multiples entiers de R.

Au cours de l'année 1926, M. H. Deslandres (3), en comparant les inscriptions des magnétographes avec les observations de taches solaires, a trouvé une loi de périodicité plus complexe. D'après lui certains orages magnétiques, généralement les plus importants, sont séparés par des intervalles multiples de R/6; d'autres, moins forts, occupent le milieu des intervalles précédents et correspondent aux multiples de R/12; enfin, une troisième série de perturbations encore plus faibles et reliées aux multiples de R/24 vient s'intercaler vers le milieu des intervalles des deux premières.

J'avais moi-même, en 1923, entrepris sur cette question une étude que les circonstances m'ont obligé d'abandonner provisoirement. Quoique le travail ne soit achevé que pour 36 années d'observations faites au Parc Saint-Maur et au Val-Joyeux, de 1885 à 1918, j'espère que les résultats, à cause du procédé impartial que j'ai employé pour les obtenir, ne paraîtront pas complètement dépourvus d'intérêt.

Partant de l'idée qu'en l'absence d'une définition précise des orages magnétiques, et dans l'état actuel de nos connaissances sur le mécanisme de leur production, aucune perturbation ne doit être éliminée *a priori*, j'ai cherché à déterminer la périodicité des situations magnétiques perturbées en utilisant un procédé purement statistique complètement différent de celui de Chree, mais également indépendant de toute hypothèse concernant la cause des perturbations et leurs relations avec les phénomènes cosmiques. Afin d'éviter toute définition arbitraire de l'époque à laquelle doivent être rapportées les perturbations, époque qu'il est parfois difficile de fixer d'une manière précise, j'ai préféré étudier la distribution dans le temps, non des orages magnétiques, mais des journées perturbées en admettant comme telles toutes celles où l'on a noté une perturbation sans distinction de degré ni de durée.

Si une certaine loi de périodicité préside à la répartition des journées perturbées, cette loi doit se traduire par la tendance que manifestent les intervalles qui les séparent à se grouper autour de certaines valeurs déterminées. Mais il est évident que l'on ne doit pas se borner à étudier les intervalles existant entre chaque journée perturbée et celle qui la suit immédiatement, car, si certaines journées peuvent être la réplique de journées perturbées précédentes, d'autres, en nombre variable et peut-être absolument indépendantes, peuvent venir s'intercaler entre la journée initiale et ses répliques.

J'ai donc déterminé la fréquence des intervalles de diverses durées séparant les journées perturbées dans le cas où ces intervalles comprenaient 0, 1, 2,... jusqu'à 10 journées elles-mêmes perturbées et je n'ai fait entrer en ligne de compte que les intervalles dont la durée était au plus égale à 100 jours.

Les résultats sont les suivants :

I. Si l'on fait abstraction des intervalles dont la valeur est au plus égale à 3 jours et dont la fréquence très élevée peut résulter en grande partie de la durée des situations magnétiques troublées — certaines d'entre elles se prolongeant parfois, quoique très rarement, une semaine entière — les maxima de fréquence qui se détachent nettement sont, par ordre de durée : 13 jours; 26, 27, 28 jours; 52, 53 jours; 74, 75 jours; 81 jours.

II. Si l'on se borne à considérer les intervalles comprenant au plus 5 journées perturbées, les maxima les plus nets sont, toujours par ordre de durée : 12, 13 jours; 26, 27, 28 jours; 40, 41 jours; 48 jours; 52, 53, 54, 55 jours; 74, 75, 76 jours; 81 jours.

Ces résultats tendraient donc à montrer que les journées où il y a des perturbations magnétiques, auraient une tendance à se succéder à des intervalles dont la durée approchée serait égale à l'un des nombres que l'on obtient en multipliant par un facteur fractionnaire simple, compris entre 0,5 et 3, la période de rotation synodique des taches solaires.

(1) L'emploi de l'oscillographe cathodique a été proposé antérieurement par Rossing et l'adjonction de la grille de modulation par M. Valensi.

(2) *Phil. Trans.*, A, 212, 1912, p. 75, et 213, 1913, p. 245; *Nature*, 118, 1926, p. 535.

(3) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 296, 669, 755, 1051; 183, 1926, p. 165, 495, 1315

Digitized by Google

REVUE DE LA PRESSE

T. S. F.

Exposés et discussions relatifs à la propagation des ondes électromagnétiques dans l'atmosphère.

1. Dès le début de la mise en service pratique des stations de T. S. F., on s'est trouvé en présence de phénomènes nouveaux que les études individuelles des spécialistes n'ont pas pu expliquer pour la plupart. La nécessité de recherches collectives conduisit, en 1910, à la création d'un groupement international dont l'œuvre ne fut pas négligeable.

Ce groupement servit ensuite de noyau à l'Union Internationale de Radiotélégraphie scientifique (U. R. S. I.) constituée par le Comité International de recherches en 1919.

L'U. R. S. I. créa à son tour des commissions spéciales pour l'étude de la propagation des ondes, des perturbations atmosphériques, des méthodes de mesure, etc.

Enfin, dans chaque pays adhérent à l'U. R. S. I., un Comité national et des commissions correspondantes furent constitués.

Tous ces groupements et commissions furent naturellement composés tout d'abord de spécialistes de la T. S. F. On ne tarda pas à reconnaître, notamment dans l'étude des phénomènes de propagation des ondes entre deux stations radiotélégraphiques, que la plupart des branches de la physique devaient intervenir et que la collaboration des physiciens, bien au courant des découvertes scientifiques modernes, était indispensable.

Une discussion a eu lieu récemment devant la *Société Française de Physique* (séance du 17 décembre 1926) à laquelle ont pris part notamment MM. le Général Ferrié, R. Jouaust, Ch. Maurain et Ch. Fabry. Nous allons mentionner ici les principales suggestions qui ont été émises.

2. Depuis longtemps, on a reconnu qu'il était impossible d'expliquer par la diffraction les phénomènes constatés dans la propagation des ondes radiotélégraphiques et, depuis plusieurs années, on a cherché l'explication des grandes portées réalisées dans l'influence d'une couche fortement ionisée située dans la haute atmosphère. A cette hypothèse se rattachent les noms de Kennelly, d'Heaveside et de Nagaoka.

Depuis peu, on utilise pour les communications radiotélégraphiques des ondes courtes, c'est-à-dire des ondes comprises entre 50 et 20 m. Cet emploi a conduit à des résultats très surprenants, dont la cause a encore été attribuée à la couche de Kennelly-Heaveside.

Tout d'abord, ces ondes permettent, avec une puissance de l'ordre du kilowatt, des portées qui, avec les ondes longues, ne pourraient être réalisées qu'avec des puissances d'une centaine de kilowatts.

Il semble qu'à puissance égale rayonnée par l'antenne, la portée diminue avec la longueur d'onde, passe par un minimum dans la région 200-400 m, puis croisse considérablement à partir de 50 m. Les diverses expériences entreprises semblent bien mettre en évidence une différence profonde dans le mode de propagation des ondes supérieures et des ondes inférieures à 50 m.

Ces dernières ont, en outre, la particularité de présenter à une certaine distance du poste émetteur une zone de silence plus étendue la nuit que le jour. C'est ainsi qu'une onde de 31 m, perçue de jour à des distances du poste récepteur de l'ordre de 200 à 400 km, cesse d'être entendue de nuit, alors qu'elle est reçue au même instant, avec la plus grande facilité, à des distances de plusieurs milliers de kilomètres.

Pour expliquer ces particularités, on admet aujourd'hui, avec Armor, Appleton, Hulburth et Taylor, qu'à une centaine de kilomètres dans l'atmosphère se trouve une couche ionisée, l'état d'ionisation augmentant avec l'altitude. On admet également que ces ions sont : soit des ions d'hydrogène, soit des électrons. Dans les conditions de raréfaction de l'atmosphère, la durée d'un libre parcours (10^{-5} pour l'ion hydrogène, 10^{-7} pour l'électron) est plus grande que la fréquence des oscillations envisagées. On peut alors négliger les chocs.

Les ions entrent en mouvement sous l'action du champ électrique de l'onde, engendrant un courant de déplacement et l'indice de réfraction devient :

$$4^2 = 1 - \frac{N e^2 \lambda^2}{\pi m}$$

N nombre d'ions par unité de volume, m masse, e charge de l'ion. La vitesse de propagation c' est donc, en appelant c la vitesse dans le milieu non ionisé :

$$c' = c\left(1 + \frac{N}{m}\frac{e^2 \lambda^2}{2\pi}\right).$$

On se trouve dans des conditions où un mirage des ondes radiotélégraphiques est possible et ce mirage a lieu si :

$$\frac{dN}{dh} > \frac{2\pi m}{R e^2 \lambda^2},$$

R rayon du globe terrestre.

La formule n'est applicable que si la durée de l'oscillation est plus faible que celle du libre parcours, ce qui conduit à ne l'appliquer qu'aux ondes plus petites que 50 m. Du reste, avec les valeurs qu'on est amené à admettre pour $\frac{N}{m}$, pour des ondes plus longues on trouverait pour l'indice des valeurs imaginaires. Tout ceci montre bien qu'au voisinage de 50 m, il doit se produire le changement signalé dans le mécanisme de la propagation.

Pour expliquer les zones de silence, les auteurs des théories sur la propagation admettent généralement que la couche d'Heaveside a une surface inférieure assez bien délimitée et qu'on peut remplacer les phénomènes de réfraction par des phénomènes de réflexion.

On arrive ainsi à déterminer, en cherchant les conditions pour lesquelles un rayon peut subir la réflexion totale, les dimensions des zones de silence, à expliquer leur augmentation nocturne par une élévation de nuit de la couche d'Heaveside, etc. Il serait nécessaire pourtant qu'une théorie plus correcte, tenant compte uniquement de la réfraction, fût établie.

Mais bien des points restent encore inexpliqués. Les ondes, d'une longueur de 100 m, ont encore des portées assez considérables comme l'ont montré, par exemple, les expériences faites sur le *Jacques Cartier*, bateau-école de la Compagnie Transatlantique. Ces expériences ont également montré que la propagation des ondes courtes était soumise à des influences météorologiques, certains phénomènes d'évanouissement semblant se propager à la vitesse de 60 km à l'heure, qui est celle des phénomènes météorologiques. Quelques auteurs, Appleton, Nichols et Schelleng, ont cherché l'influence du champ magnétique terrestre sur la propagation. Cette influence aurait pour conséquence une bande d'absorption dans la région de 214 m si les corpuscules électrisés sont des électrons.

Aucune absorption n'aurait lieu, au contraire, si les corpuscules étaient des ions.

Cette région de 200 à 500 m est celle où se manifestent les plus forts évanouissements, mais certains expérimentateurs nient que ce soit une région de propagation atténuée.

Enfin, pour les ondes courtes, l'onde serait transformée suivant son orientation, par rapport au champ terrestre, soit en une onde polarisée circulairement avec deux composantes de vitesses différentes, soit en deux ondes polarisées rectangulairement ayant encore des vitesses différentes.

Digitized by Google

Il ne semble pas pratiquement que cette décomposition influe sur la propagation.

Si les théories admises aujourd'hui expliquent grossièrement les phénomènes observés, elles sont loin d'en donner une explication complète et de nouvelles études sont nécessaires.

3. Quelques rapprochements ont été faits par divers auteurs entre certaines particularités des réceptions électromagnétiques et les variations des éléments météorologiques (variations dans l'intensité et la direction ayant un caractère local, rôle des surfaces de discontinuité) ; mais on peut supposer que ces rapprochements se rapportent, plutôt qu'aux variations météorologiques elles-mêmes, aux variations concomitantes des propriétés électriques.

Un changement de composition de l'atmosphère, à grande hauteur, ne pourrait intervenir que par l'intermédiaire des propriétés électriques correspondantes.

Il n'existe, d'ailleurs, pas d'observations faisant prévoir une relation directe entre la propagation des ondes électromagnétiques et les propriétés électriques de l'atmosphère. Par exemple, M. Maurain n'a pu déceler de relation entre les perturbations des réceptions électromagnétiques à Meudon (ondes longues) et les variations du champ électrique à l'Observatoire du Val-Joyeux. La distance de ces deux points est d'environ 16 km. Il y aurait lieu de faire porter des comparaisons de ce genre sur des observations faites en des points très voisins.

M. Maurain a comparé, à Meudon, les perturbations des réceptions de Nantes ($\lambda = 9000$ m) et de Bordeaux ($\lambda = 25\,400$, puis 18 900 m) pendant les trois années 1922, 1923, 1924, avec l'agitation du champ magnétique terrestre évaluée au Val-Joyeux ; la moyenne de l'agitation magnétique les jours des principales perturbations radioélectriques (au nombre de 147) et la moyenne générale des trois années sont sensiblement les mêmes, d'où l'on peut conclure que les perturbations magnétiques n'ont pas eu un rôle notable dans la production des perturbations radioélectriques. Dans une note envoyée à M. Mesny, G. Pickard indique que ses propres observations sont d'accord avec le résultat précédent, mais qu'une comparaison faite par lui de mai à septembre 1926 a révélé un parallélisme étroit entre les deux phénomènes pour des ondes de 225 m : plus l'agitation magnétique est forte, plus la réception est faible. Ces divers résultats s'accordent avec les conclusions théoriques de Nichols et Schelleng.

Un fait remarquable est la différence très grande existant entre les transmissions radioélectriques de jour et de nuit. Aucun des phénomènes étudiés en Physique du globe ne présente une différence d'allure aussi marquée entre le jour et la nuit ; ces derniers phénomènes étant étudiés presque exclusivement au voisinage du sol, le contraste précédent semble nécessiter que la partie prépondérante des influences qui agissent sur les transmissions radioélectriques a son siège dans la haute atmosphère.

Il semble que, comme cela a lieu pour la transmission à grande distance des ondes sonores dans l'atmosphère, les phénomènes fondamentaux des transmissions radioélectriques lointaines se passent dans la haute atmosphère et que les couches basses de l'atmosphère interviennent surtout en produisant des dissymétries et des irrégularités dans la transmission. Des études statistiques continues et prolongées sont nécessaires pour préciser les relations.

4. Il y aurait intérêt à chercher s'il existe une relation entre les mystérieux phénomènes révélés par la propagation des ondes et quelques autres phénomènes mesurables dans la haute atmosphère. Malheureusement, nos connaissances sur la haute atmosphère sont très maigres et ne se traduisent que par très peu de données numériques dont il soit possible de suivre les variations.

L'une des rares quantités quotidiennement mesurables, relativement à la haute atmosphère, est la quantité d'ozone, dont la présence est révélée par l'absorption que subissent les radiations venant du soleil. Les mesures de Buisson et Fabry ont montré que la quantité totale d'ozone présente dans l'atmosphère subit des variations irrégulières, atteignant environ 15 pour 100 de la valeur moyenne.

Ces variations peuvent être l'indice de variations dans la haute atmosphère soit de changements de température, soit de variations dans l'ionisation, si, comme cela est probable, l'ionisation et la présence de l'ozone sont deux phénomènes produits par le rayonnement solaire de l'extrême ultra-violet. A ce point de vue, il serait intéressant de chercher, par des comparaisons statistiques, s'il existe une relation entre l'épaisseur de la couche d'ozone et quelques particularités des transmissions électriques. A. B.

Une nouvelle lampe de T.S.F. à filament chauffé par rayonnement. (*The Electrician*, 21 février 1927.) — On sait, qu'actuellement, l'impossibilité pratique d'alimenter les récepteurs de radiophonie par les réseaux de distribution d'électricité à courant alternatif limite beaucoup les débouchés commerciaux de cette industrie.

Un grand progrès a déjà été accompli avec l'apparition des lampes à filaments thoriés pouvant être alimentés par des piles sèches, ou des piles à liquide, ne comportant aucun des ennuis de l'accumulateur ; le grand pouvoir émissif de certains oxydes rares ne demande qu'une faible intensité de courant pour atteindre des températures moyennes suffisantes pour obtenir le champ électronique cherché. Cependant, ce n'est encore là qu'une solution incomplète du problème de la suppression totale de l'accumulateur dans les postes de réception. Des essais de montages spéciaux ont bien été tentés ; mais à en juger par le nombre de postes de ce genre actuellement en service, il ne semble pas que tout ait été fait dans cette voie. Une importante maison étrangère de fabrication de lampes a cherché à résoudre cette importante question, en s'attaquant à la constitution de la lampe elle-même ; des essais antérieurs avaient déjà eu lieu, croyons-nous savoir, dans le même sens, mais sans résultat industriel.

La nouvelle lampe K. L. I. est aujourd'hui sur le marché anglais ; sa caractéristique principale est que le filament, au lieu d'être mis directement sous tension, se trouve porté à la température d'émission électronique par un élément chauffant qui l'enveloppe, et s'alimente lui-même directement par une source de nature quelconque ; cette source peut être, par exemple, le secondaire d'un petit transformateur abaisseur dont le primaire est relié à un réseau à courant alternatif ; l'élément chauffant et la cathode n'ont aucun point commun. Tous les filaments des lampes d'un même poste peuvent alors être reliés ensemble et leurs extrémités communes constituer le retour de leurs circuits de grille à potentiel constant.

Le champ électronique est, en outre, accru par la disposition des éléments de la lampe à l'intérieur de l'ampoule. C'est ainsi, par exemple, que la résistance interne de cette lampe est très réduite. On sait, en effet, que cette résistance est d'autant plus faible que les diamètres du filament et de la grille d'une même lampe sont voisins de dimensions. Cette condition est extrêmement difficile à réaliser avec des filaments ordinaires. Au contraire, on peut s'en approcher beaucoup avec une cathode cylindrique présentant une grande surface d'émission ; outre son caractère pratique, la lampe K.L.I. possède donc un excellent rendement, elle permet une amplification considérable, sans distorsion. Elle n'est évidemment prête à fonctionner qu'un certain temps après avoir été mise sous tension, temps nécessaire à l'élément chauffant pour radier suffisamment de chaleur au filament proprement dit ; inversement, elle ne cesse d'agir que quelques instants après

Digitized by Google

qu'a été coupée l'alimentation de l'élément de chauffage. Ses caractéristiques essentielles sont les suivantes :

Tension de chauffage	5,5 volts
Tension plaque.	100 volts maximum
Impédance interne	5.500 ohms
Intensité de chauffage	2 ampères
Facteur d'amplification	7,5
Pente normale.	1,36 m. a. par v.

Si l'on considère que l'alimentation des circuits de plaque des lampes de réception, par courant alternatif de secteur, est maintenant chose facile, au moyen de redresseurs et filtres appropriés, on pourrait croire aujourd'hui à la solution totale de l'alimentation intégrale des postes par un raccordement dans une prise de courant, à la portée de tous. Ce serait là un progrès énorme pour le développement futur de la radiodiffusion... à condition que cette lampe ne soit pas d'un prix prohibitif. J. M.

INSTALLATIONS

La traversée d'un bras de mer par une ligne aérienne d'une portée de 1900 m. (La *Revue Polytechnique de Genève* du 25 janvier.) — La ville de Tocama (Etat de Washington) sera prochainement desservie par une sous-station alimentée par une ligne triphasée double à 110 000 v; chacune des deux parties de la ligne débitera normalement 300 ampères et éventuellement 600 ampères dans le cas d'avarie à l'autre. La puissance normale sera donc de 90 000 kw pour un facteur de puissance de 0,8.

Le tracé direct, d'une longueur de 70 km, traverse un bras de mer, que l'on ne pourrait éviter qu'au prix d'un allongement de 32 km de la ligne et en y payant des droits très élevés aux propriétaires des terrains traversés. A l'endroit de la traversée, le bras de mer a une largeur de 1500 m. Comme le fond est rocheux et la vitesse des courants de marée atteint 4,5 m à la seconde, un câble serait exposé à de fréquentes ruptures et en outre il en faudrait abaisser la tension à 50 000 v et l'on aurait une perte de puissance de 4000 kw environ par suite de la double transformation.

La compagnie exploitante a donc décidé d'installer une ligne aérienne, dont la portée sera de 1903,45 mètres, ce qui nécessite des dispositions spéciales pour la suspension, l'isolement et l'ancrage.

Les règlements imposent une hauteur des câbles d'au moins 200 pieds (61 m) au-dessus du niveau des plus hautes mers, ce qui a pu être réalisé par l'emploi de pylônes de 95 m de hauteur disposés de part et d'autre sur les falaises qui ont respectivement 84 et 100 m de hauteur.

D'après les règlements, le câble doit résister avec un coefficient de sécurité égal à 2, à la température de — 18° à l'action d'un vent produisant une pression de 40 kg par mètre carré, le conducteur étant revêtu d'une couche de verglas de 13 mm d'épaisseur.

On a renoncé à l'emploi de câbles en acier cuivre ou acier aluminium à cause de leur grand diamètre extérieur, donnant plus de prise à l'action du vent et décidé de poser des câbles entièrement en acier. Pour la même raison le câble doit être à couches concentriques de fil et non à torons. A la suite d'essais, on a adopté un type de câble à couches enroulées alternativement dextrorsum et sinistrorsum, qui a une résistance apparente de 60 pour 100 moins élevée qu'un câble avec couches enroulées toutes dans le même sens. La section totale du câble a été calculée pour qu'avec l'intensité maximum de 600 ampères l'élévation de température n'atteigne pas 200°, afin que l'acier ne commence pas à recuire. Les câbles auront une section nette de 600 mm² et seront formés chacun de 35 fils d'acier Martin acide galvanisé; ils pèseront chacun 4,85 kg par mètre et leur résistance à la rupture sera de 81 tonnes. Dans ces conditions, le coefficient de sécurité sera égal à 3.

La traversée comporte deux lignes triphasées, portées chacune par des pylônes spéciaux; ces deux lignes sont distantes de 55 m d'axe en axe, et dans chacune de celles-ci les conducteurs sont à 9,15 m les uns des autres.

Les pylônes ont 95 m de hauteur totale et 16,47 m de côté à la base et reposent sur des massifs en béton armé descendus à 3 m de profondeur. Deux câbles d'ancrage, qui passent chacun sur une poulie de 2,10 m de diamètre fixée au pylône, sont attachés chacun à un massif d'ancrage distants d'environ 280 m du pylône.

Les câbles sont reliés au pylône par l'intermédiaire de chaines d'isolateurs ayant 11 éléments dans lesquelles sont intercalés des ressorts pour bien répartir les effets de traction.

Les câbles conducteurs sont reliés aux lignes par des conducteurs en cuivre, fixés d'une part aux pylônes de traversée et d'autre part aux pylônes d'extrémité des lignes terrestres. F. L.

DIVERS

Une nouvelle station polonaise de radiodiffusion. (*The Electrical Review*, 18 février 1927.) — La dernière station européenne de radiodiffusion sur grande longueur d'onde qui ait été créée est celle de Varsovie qui transmet sur 1013 m avec une puissance alimentation de 10 kw sur les lampes oscillatrices. L'émetteur a été conçu sur le modèle de celui de Daventry, en Angleterre; chaque étage du poste (6 au total) est monté sur un bâti d'aluminium; 4 d'entre eux sont ouverts; ce sont ceux qui comportent les lampes d'excitation, l'oscillateur principal, le modulateur et les circuits redresseurs; les dispositifs de couplage à la grille de l'oscillateur principal et les transformateurs téléphoniques sont sur les 2 bâtis fermés.

Cette station appartient à la Compagnie polonaise de Radiodiffusion; elle est édifiée à Fort Mokotow, sur des terrains agraires appartenant à la municipalité. L'énergie d'alimentation est fournie par le réseau assurant les besoins de la ville (5000 v triphasé, 50 per : sec) dont la tension est abaissée à 210 v à l'entrée du poste. Les redresseurs électroniques, le modulateur principal et les oscillatrices sont du type Marconi à refroidissement par circulation d'eau sur les anodes. L'antenne est portée par deux pylônes de 75 m de haut. La portée de l'émission est de 120 km pour des récepteurs à galène et 600 km pour des récepteurs à 2 lampes. Un contrepoids porté par des poteaux de bois avait été aménagé pour comparer son efficacité par rapport à une prise de terre proprement dite.

L'expérience a été en faveur de cette dernière. J. M.

Extension de l'emploi du charbon pulvérisé en Allemagne. (*The Electrical Review*, 4 mars 1927.) — La Compagnie des Ateliers électriques réunis de Westphalie a adopté, progressivement, au cours de l'année dernière, le chauffage par charbon pulvérisé aux 4 stations centrales qu'elle possède. En prévision de cette transformation, elle avait acquis, quelque temps auparavant, les houillères de Alte Haase et de Gottenssegen. Pour avoir sa sécurité de ce côté, la compagnie vient d'acquérir la majorité des actions des houillères de Kleine Windmuhle. J. M.

L'Editeur-Gérant : A. LAHURE.

91 410. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris. — 1927.

Digitized by Google

36e Année. — N° 836 25 Avril 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTEUR EN CHEF
ALFRED SOULIER
Le 2e vendredi de chaque mois de 15 h. à 16 h.

ABONNEMENTS
Paris et Départements : 30 francs par an.
Union postale : 40 francs par an.

ADMINISTRATION
9, rue de Fleurus, 9. — (Paris VIe)
TÉLÉPHONE
Ségur 04-23 et Ségur 04-44.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction au Rédacteur en Chef, 9, rue de Fleurus.

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — Le National bureau of Standards de Washington. — Turbo-générateurs et réfrigérants modernes. — Le pétrolier à propulsion moto-électrique « Van Dyke », de 7000 tonnes. — L'utilisation de l'oscillographe Dufour pour l'étude des caractéristiques des parafoudres. — Nouvelle station américaine de radiodiffusion. — Travaux hydroélectriques en Italie. — Développements électriques aux États-Unis. — Téléphonie transatlantique. — Abaissement des tarifs téléphoniques en Allemagne. 169

EXPÉRIENCES RÉCENTES SUR LA TÉLÉVISION. A. B. 175

UN NOUVEAU REDRESSEUR DE COURANT ALTERNATIF A PRINCIPE ÉLECTRONIQUE. J. M. 175

DES RÉCENTS PROGRÈS DE L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE (*suite*). 182

UN SYSTÈME NOUVEAU DE COMMISSIONS VISANT LE DÉVELOPPEMENT DE LA CLIENTÈLE DES RÉSEAUX. A. Z. 184

COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES. — Sur les procédés de répérage d'alignement par les ondes hertziennes et sur les radiophares d'alignement, par **André Blondel.** — Contribution à l'étude de la matière fulminante : Exemples de décomposition spontanée, par M. **E. Mathias.** — Sur les contacts rectifiants, par M. **H. Pélabon.** — L'oscillateur de Planck, par M. **Raoul Ferrier.** 185

REVUE DE LA PRESSE. — *Traction électrique :* Locomotives électriques des Chemins de fer allemands, pour lignes de montagnes. — *Transformateurs* : Le rôle de transformateur de fréquence d'un induit à collecteur. — Transformateurs pour courants triphasés. — *Stations centrales :* Nouveau record de puissance des turbines. — *Résistance :* Variations de la résistance électrique de certains cristaux sous l'influence de la lumière. Examen de l'effet du sélénium et de ses succédanés. — *Questions théoriques* : Recherches expérimentales sur les mobilités des ions dans les gaz. — *T. S. F.* : Une nouvelle station de réception en Australie. — Une nouvelle station de radiodiffusion dans l'Etat libre d'Irlande. — Stations d'émission de grande puissance pour la Russie. — Liaison à grande distance : Nouvelle-Zélande-Afrique du Sud. — Nouvelle station au Siam. — Liaison Espagne-Argentine. — Une nouvelle super station en Suède. — Influence du nombre des antennes de réception sur la propagation des ondes électromagnétiques. 188

INFORMATIONS

Le National bureau of Standards de Washington. — M. K. Burgers, directeur du bureau of Standards, donne, dans une étude parue à l'occasion du 25e anniversaire de la fondation de ce bureau, des renseignements sur son installation et son fonctionnement.

Cet office n'est, en somme, qu'une extension du bureau des poids et mesures (Office of standard weight and measures), fondé en 1799; sur la proposition du ministre du trésor, le congrès en 1900 décida la fondation d'un institut le « National bureau of physical standards » dont la création fut encouragée activement par les sociétés techniques et scientifiques des états de l'Union.

Par la suite, le bureau passa sous la dépendance du commerce et fut installé dans la Pierce Mill road de Washington où il se trouve actuellement.

L'importance du bureau ne cessa de s'accroître : actuellement, il compte 750 agents, reçoit 600 publications périodiques, techniques ou scientifiques et dispose d'une bibliothèque où se trouvent 27 000 volumes catalogués

Le bureau s'occupe de 5 différentes sortes d'étalons pour mesures, pour constantes numériques, pour qualités, pour contrôle du fonctionnement et pour la pratique.

Le premier compartiment dans lequel on pénètre est celui consacré aux poids et aux mesures: dans une salle se touvent un appareil permettant de mesurer à un cent-millième de millimètre près, ainsi qu'une série de balances de précision avec lesquels on peut peser à un cent-millième près. Pour ces mesures l'observateur doit se placer à une certaine distance des appareils et les actionner au moyen de leviers de renvoi. Dans une case en forme de tunnel, se trouvent les appareils permettant l'étalonnement des fils en invar, servant à la mesure des bases géodésiques.

Dans un bâtiment situé à l'ouest se trouvent les appareils pour la saccharométrie, ainsi que les salles pour les études calorifiques, entre autres une salle dans laquelle on peut étudier la prorogation de la chaleur à travers les parois de divers types.

Dans le compartiment réservé aux études sur les très basses températures se trouve un compresseur à vapeur, pour

Digitized by Google

l'air qui peut le comprimer à 3000 livres par pouce carré (200 kilogrammes par centimètre carré); le bureau a obtenu de l'hydrogène liquéfié et solidifié à une température de — 225° et est en train d'installer un dispositif pour liquéfier l'hélium à une température de très peu supérieure au zéro absolu.

Un bâtiment est réservé pour l'étude des moteurs d'aviation et de leurs accessoires; dans une des salles on peut faire le vide à un degré quelconque et obtenir une température voulue, de sorte que l'on peut étudier le fonctionnement des moteurs dans les conditions diverses de la pratique.

Dans le local destiné à l'essai des automobiles on peut reproduire les divers états d'une route et essayer ainsi les moteurs dans les conditions de la pratique. Depuis plusieurs années le bureau a fait des études relatives aux freins, et a permis ainsi à l'industrie américaine de faire d'importantes économies.

L'Office comprend aussi des bâtiments dans lesquels on s'occupe des questions intéressant la métallurgie, l'industrie électrique, la résistance des matériaux (il possède une machine permettant d'obtenir un effort de traction de 5000 tonnes), une fabrique de verres d'optique, une installation pour l'essai et la fabrication de papiers, de tissus et de sucre, des installations pour l'essai des divers matériaux bruts employés dans l'industrie, un laboratoire de photographie, etc...

Les divers bâtiments de l'Office couvrent une superficie de 16 hectares et communiquent les uns avec les autres par des tunnels où sont installés les tuyaux et les fils servant à la répartition, du gaz, de l'eau, de la vapeur, de l'air comprimé, de l'énergie électrique; dans certains locaux, on a même à sa disposition de l'air et de l'hydrogène liquides et même certains autres gaz liquéfiés ou solidifiés. L'Office possède 15 installations frigorifiques, des locaux à température constante et d'autres à humidité constante, des salles pour la haute tension, des ateliers, etc... Les agents du bureau ont accès à la bibliothèque du congrès où se trouvent 3 millions de livres et 200 000 cartes et atlas.

En 1892, le congrès décida que les installations du bureau pourraient être mises à la disposition de chercheurs et d'étudiants et le nombre de ceux-ci va toujours en augmentant.

Les diverses corporations industrielles peuvent faire procéder à des recherches et l'étude de modèles, etc..., avec l'aide du personnel du bureau.

D'éminents professeurs d'universités font des conférences sur des sujets spéciaux aux agents du bureau et aux délégués de corporations industrielles que le sujet traité intéresse.

Toutes les sociétés industrielles importantes des États-Unis envoient des délégués au bureau; on en comptait 61 en 1925.

Chaque année, le directeur du Laboratoire publie un rapport sur l'activité du bureau pendant l'année précédente; celui de l'année fiscale se terminant le 30 juin 1925 contient notamment des renseignements sur les travaux du bureau relatifs à l'électrotechnique.

Il s'est occupé de l'étalonnage de transformateurs de mesure pour des tensions atteignant 100 000 v; de l'établissement d'étalons de résistance permettant de mesurer avec précision des courants continus d'une intensité allant jusqu'à 10 000 ampères et de transformateurs de mesure pour des intensités de 5000 ampères.

Il a étudié des matéraux d'isolation pour câbles sous-marins, destinés à remplacer la gutta-percha et à établir des appareils permettant de soumettre les câbles à une pression atteignant 750 kg par cm², pendant les mesures.

Il a étudié les divers types de piles sèches et d'accumulateurs à liquide immobilisé employés pour les signaux de chemins de fer et établi des prescriptions relatives aux acides à utiliser dans leur construction.

Pendant l'année fiscale le bureau a essayé 1 500 000 lampes électriques et a fait des essais de durée pour 3149 autres.

Il a établi des méthodes pour la mesure de fréquences de 125 à 6000 kilocycles par seconde dans la radiotechnique, et s'est occupé des appareils de goniométrie, du fading, etc.

Depuis qu'il a été établi que seules les mesures magnétiques peuvent permettre d'établir la qualité des câbles en acier, le bureau a procédé à des études à ce sujet et a notamment examiné l'influence des efforts de traction répétés sur le magnétisme; ces études sont très avancées de sorte que l'on pourra bientôt établir des prescriptions pour les essais magnétiques des câbles en acier.

Le bureau a établi des prescriptions de sécurité diverses pour certains états de l'union.

Le bureau reçoit environ 1000 lettres par jour, les agents chargés du service de la rédaction ont établi dans l'année fiscale terminée en juin 1925, 371 rapports dont 165 ont été publiés directement et les autres par diverses publications techniques.

Pour l'extension de ses installations, le bureau a acheté, en 1926, des terrains d'une valeur de 115 177 dollars. F. L.

Turbo-générateurs et réfrigérants modernes, par le Dr R. Pohl. — E. T. Z., 17 février 1927, *Industrie électrique* du 25 mars 1927, p. 122. (*Suite.*) — Le nombre de 650 A par cm² à la périphérie est maintenant courant et a déjà été dépassé dans certains cas. On montera bien au delà de cette valeur en raison, non pas tant des améliorations apportées aux dispositifs de ventilation, mais surtout des progrès réalisés dans la réduction des pertes.

L'auteur aborde ainsi la deuxième partie de sa conférence, relative aux perfectionnements apportés à la qualité des machines et à leur sécurité de service. D'une part, une réduction sensible des pertes dans le fer, de 25 pour 100 en w : kg, chiffres ronds, a été obtenue par emploi des tôles de 0,5 mm à 2,3 w : kg. D'autre part, des progrès considérables ont été faits dans la diminution des pertes additionnelles se produisant soit dans le circuit magnétique actif, soit dans les matériaux inactifs tels que ceux des plateaux de serrage et des couvre-fils: ces pertes atteignaient 1,5 à 2 pour 100 de la puissance des générateurs et constituaient, à elles seules, la majeure partie des pertes totales. Les pertes additionnelles dans les pièces inactives au voisinage des connexions frontales peuvent s'obtenir en portant, en fonction de diverses longueurs d'empilage, les pertes totales pour un diamètre donné: elles causent des échauffements localisés dans les plateaux de serrage et sont provoquées par le flux de fuite du stator, flux tournant et de même nombre de pôles que la machine.

Le champ ainsi produit se ferme par les plateaux de serrage et les paquets d'extrémité des tôles du stator ainsi que par les frettes du rotor et les couvre-fils, ce champ tourne synchroniquement avec l'inducteur.

On peut diminuer les pertes résultant de ce flux tournant en augmentant la réluctance de son circuit magnétique par emploi de frettes en métal non magnétique. Un succès complet est obtenu en fournissant aux lignes de force de ce flux un circuit magnétique en tôles lamellées et déterminé judicieusement : on dispose un anneau dit « protecteur » constitué de tôles isolées et concentriques à l'alésage, placé entre les connexions frontales des têtes de bobines statoriques et le plateau de serrage et, de plus, on établit les dents du plateau en tôles isolées et étagées. L'« anneau de serrage protecteur » est soit d'une seule pièce, soit pourvu d'entrefers appropriés séparant les diverses pièces le constituant.

L'auteur estime que l'on sera amené à considérer ces éléments comme pièces normales de construction et à calculer le circuit magnétique des flux de fuites de même que celui du flux principal.

Les pertes dans le fer actif du circuit magnétique ont été

Digitized by Google

étudiées par Rüdenberg. Les harmoniques de denture s'atténuent par disposition adéquate du bobinage statorique : grand nombre d'encoches, grand entrefer, surface du rotor lamellée. Quant aux harmoniques du champ statorique qui provoquent des pulsations du flux et des courants parasites à la surface du rotor, on peut voir que la courbe réelle du champ statorique subit une déformation autour de sa position moyenne et ce, à une fréquence sextuple de celle des courants débités; d'autre part, la courbe des variations autour de la position moyenne, dans l'espace, se rapproche de celle d'un harmonique 5. L'emploi d'un bobinage avec pas raccourci d'un cinquième permet pratiquement de réduire les pertes supplémentaires ainsi provoquées, mais non de les annuler, la courbe de déformation dans l'espace n'étant ni symétrique, ni périodique dans ses alternances doubles. On arrive à réduire considérablement ces pertes qui constituaient auparavant, au minimum, 1,5 pour 100 des pertes totales, résultat de grande importance au point de vue du rendement comme aussi de celui de l'échauffement de la machine, des dimensions du réfrigérant et de la sécurité d'exploitation. L'auteur fait remarquer que les pertes additionnelles, mesurées lors de l'essai en court-circuit, peuvent être bien plus élevées que celles correspondant au même régime, en marche normale; en outre, on devrait mesurer les pertes fer non à tension normale, mais à une tension plus élevée tenant compte du flux réel.

La lutte contre les pertes permet une amélioration importante du rendement des turbo-générateurs, qui atteint 97 pour 100 environ dans une machine de 40 000 kv-a, à 3000 t : min, à pleine charge sous $\cos\varphi = 1$ et peut atteindre 98 pour 100 dans un générateur de 100 000 kv-a, à 1500 t : min.

Actuellement c'est le déplacement d'air qui constitue la plus grande cause de pertes : 0,5 à 1 pour 100 de la puissance de la machine. On s'est donc appliqué à diminuer celles-ci par emploi de deux moyens : tout d'abord en utilisant la ventilation indépendante, ce qui permet de faire monter le rendement du ventilateur de 50 à 60 et 70 pour 100 et de réduire la portée entre paliers tout en laissant une garantie supplémentaire au calculateur; ensuite, en remplaçant l'air par un gaz plus léger, hydrogène ou méthane. Il paraît peu probable que la ventilation indépendante prenne une grande importance, l'hydrogène ou le méthane offrant en outre l'avantage d'une conductibilité calorifique bien supérieure à celle de l'air, d'où augmentation possible, 50 pour 100 environ, de la puissance et durée plus grande de l'isolation.

Il n'existe pas de dangers sérieux d'explosion, mais des difficultés subsistent actuellement au point de vue de l'étanchéité, surtout aux sorties des arbres; celles-ci résolues, le type limite à 1500 t : min pourrait fournir 130 000 kv-a avec avec un rendement de 98,5 pour 100 à pleine charge sous $\cos\varphi = 1$.

Du fait de l'amélioration des matériaux isolants et de la technique de l'isolation la résistance diélectrique des machines a été considérablement augmentée et l'on construit actuellement, avec autant de sécurité, des générateurs pour tensions de 10 000 à 13 000 v comme de 6000 v.

Au point de vue de la sécurité d'exploitation il est préférable que le générateur soit branché directement sur un transformateur de liaison au réseau; au point de vue économique, c'est la plupart du temps, également, la meilleure solution. Outre qu'un tel transformateur éloigne du générateur les perturbations et les surtensions provoquées sur le réseau, il constitue aussi une réactance additionnelle et permet une simplification et une amélioration à la protection par relais, partie dans laquelle des progrès caractéristiques ont été faits.

La condition la plus importante à exiger de la protection des générateurs par relais est la simplicité et la perfection de l'appareillage qui entraîne l'intelligibilité pour le surveillant du tableau et un contrôle facile. D'après l'auteur, la protection par relais devrait se limiter à une protection parfaite : contre la mise à la terre augmentée tout au plus, à titre de garantie supplémentaire, comme protection contre les courts-circuits entre phases d'un relais différentiel peu sensible. En général, presque toute avarie de générateur, sur les machines d'assez grande puissance avec bobinages à barres, débute par une masse, puis se transforme en un court-circuit entre phases ou entre spires pour provoquer finalement, dans le cas le plus défavorable, un incendie. Le relais de mise à la terre est donc, de beaucoup, le moyen de protection le plus efficace. On doit donc lui demander une très grande sensibilité de façon qu'il entre en action lors d'un simple claquage et qu'aussitôt il coupe le générateur et le désamorce même si le claquage se produit au voisinage du point neutre. Si les générateurs sont branchés directement sur le réseau on peut satisfaire à peu près complètement, quoique imparfaitement, à ces conditions; s'ils sont branchés sur transformateurs interposés, on arrive à une solution parfaite. Le schéma correspondant au premier cas est donné. La mise à la terre du neutre du générateur nécessitée pour l'entrée en action du relais de terre n'est pas franche : elle a lieu au moyen d'une résistance de façon à limiter le courant de court-circuit et les détériorations que ce dernier provoque; la valeur de la résistance est limitée, d'une part, par la sensibilité du relais et, d'autre part, par le danger de combustion du fer lors du claquage. On doit chercher à tenir la sensibilité et la valeur de la résistance de façon que, lors d'un claquage à l'extrémité d'une phase, l'arc provoqué ne puisse, durant l'annulation du champ d'excitation, donner lieu à la combustion du fer.

On peut se baser sur une durée de 4 secondes entre le claquage du générateur et l'annulation complète du champ, période durant laquelle entrent en action relais et disjoncteur. Différents essais ont été effectués pour juger de la valeur limite à donner à l'intensité traversant l'arc de claquage; on est ainsi arrivé à admettre une intensité maximum de 20 ampères. La sensibilité pratiquement réalisable du relais de terre dépend du rapprochement de la zone de protection par rapport au point neutre. Directement au voisinage de celui-ci, la tension étant insuffisante, le relais n'agit plus; on est cependant arrivé à protéger 80 à 90 pour 100 de l'enroulement. On a en outre réussi à rendre non dangereux les courants anormaux des transformateurs d'intensité, en cas de courts-circuits sur le réseau. Bien que ces résultats soient déjà satisfaisants, ils ne sont pas parfaits, car certains claquages entre barres se produisent au voisinage du neutre, spécialement lors de réflexion d'ondes ambulatoires. On fait un grand progrès en montant dans la ligne du neutre un disjoncteur déclenchant en même temps que le disjoncteur à huile principal lors de l'entrée en action des relais de terre. L'adoption de ce dispositif permet de limiter à 0,4 seconde, au lieu de 4 secondes, la durée de l'arc de mise à la terre et d'admettre une intensité de 70 à 80 ampères au lieu de 20, d'où diminution de la grandeur de la résistance de mise à la terre du neutre et possibilité d'étendre la zone de protection plus près du neutre. Il y a lieu cependant de tenir compte des terres du réseau qui peuvent surcharger la résistance de mise à la terre du neutre; d'autre part, le courant de capacité du réseau passe par le lieu de mise à la masse du générateur et peut, suivant sa valeur, détériorer les tôles au cours des 4/10 de seconde que demande la mise en jeu des appareils.

Ch. F.

Le pétrolier à propulsion moto électrique « Van Dyke », de 7000 tonnes. (Le *Génie Civil* du 26 mars 1927.) — Le *J. W. Van Dyke*, décrit dans le *Compressed Air Magazine* de novembre, est muni de trois moteurs à six cylindres et à quatre temps Ingersoll-Rand, de 840 ch effectifs chacun. Ces moteurs sont à injection (ou injection mécanique), et com-

Digitized by Google

mandent l'hélice par l'intermédiaire de trois génératrices et d'un moteur électrique. On peut commander l'allure de l'hélice directement depuis la passerelle.

Le bâtiment a environ 120 m de longueur, et un déplacement de 7000 tonnes. Son installation actuelle a remplacé une turbine à engrenages. Il est probable qu'elle a été adoptée par suite de circonstances locales de bon marché.

Le *J. W. Van Dyke* ainsi équipé a effectué le voyage Philadelphie-Rio-de-Janeiro-Durban-Philadelphie, sans ravitaillement, mais on n'indique pas s'il s'est servi de sa cargaison de pétrole. Après avoir constaté ses excellentes qualités d'économie, son armateur, l'Atlantic Refining Company, a acheté trois bâtiments similaires pour les transformer de la même façon. Cette compagnie psssédera ainsi huit bâtiments à propulsion moto-électrique, tous munis de moteurs Ingersoll-Rand. J. M.

L'utillisation de l'oscillographe Dufour pour l'étude des caractéristiques des parafoudres. — Nous avons déjà signalé les applications de l'oscillographe cathodique de Dufour, le *Génie Civil* vient d'indiquer l'utilisation qu'en font les physiciens américains.

Parmi les phénomènes les plus rapides que cet appareil permet d'étudier, figure la propagation des ondes à front raide, qui influe si fortement sur le fonctionnement des parafoudres et sur la valeur réelle des moyens de protection généralement utilisés sur les réseaux.

Dans la *General Electric Review* d'octobre, M. K. B. Mc Eachron a exposé que la rapidité des phénomènes rencontrés dans cet ordre de recherches est si considérable que l'on a dû passer successivement, dans le choix des moyens d'investigation employés, à des mesures au 1/100 de seconde, puis au 1/1000, puis au 1/1 000 000. C'est l'oscillographe Dufour qui fournit les moyens d'investigations les plus appréciés à l'heure actuelle, et l'auteur indique comment ils lui ont permis d'étudier, au cours de ses recherches sur les parafoudres, l'influence du champ électrostatique, le mécanisme de la décharge et l'action de l'appareil qui la produit, les valeurs des intensités et des tensions des courants en jeu, et les mérites comparés des divers types de parafoudres. C'est la première fois qu'on a pu établir clairement les courbes caractéristiques des appareils de protection destinés à écouler des décharges rapides, et les études comparatives auxquelles on s'est livré sur les appareils ont révélé les avantages sensibles que présentait le parafoudre à oxyde à billes du type moderne utilisé aux États-Unis, pour remplacer le parafoudre à pellicule d'oxyde créé il y a quelques années.

Une longue étude des phénomènes rapides dus à la foudre, a été présentée dans un mémoire de M. F. W. Peek à une réunion récente de l'American Institute of Electrical Engineers, et publiée dans le *Journal of the A. I. E. E.*, de décembre. L'auteur y discute la nature de la foudre et des phénomènes qu'elle provoque sur les lignes de transmission, en étudie l'action sur les isolants, et fait connaître les résultats de plusieurs années de travaux et d'essais faits sur les appareils de protection imaginés pour parer aux coups de foudre. M. F. W. Peek indique l'aire protégée par les coups de foudre directs, par un parafoudre ou par une combinaison de parafoudres et de circuits de protection ; il a particulièrement en vue les moyens de protection applicables aux édifices, aux magasins, aux réservoirs à huile et à toutes substances inflammables. J. M.

Nouvelle station américaine de radiodiffusion. (*The Electrical Review*, 18 février 1927.) — La nouvelle station de la ville de New-York (W. G. I.) a été inaugurée le 30 janvier dernier ; elle marqua le début d'activité de l'International Broadcasting C° ; cet émetteur travaille sur une longueur d'onde de 442 m, avec une puissance de 1 kw. Cette longueur d'onde sera abaissée à 422 m, en cas d'interférences gênantes avec d'autres émissions. J. M.

Travaux hydroélectriques en Italie. (*The Electrical Review*, 4 mars 1927.) — On étudie actuellement en Italie un projet de réalisation d'une importance centrale hydroélectrique, dans le Val Borbero, qui fournirait l'énergie nécessaire aux tronçons électrifiés des chemins de fer d'Etat. Ce projet prévoit la création de 2 stations centrales, l'une dite de Persi, l'autre de Pian-Della-Botte.

La première comporterait 3 groupes de chacun 9000 kw et la seconde 3, de chacun 4500 kw. J. M.

Développements électriques aux États-Unis. (*The Electrical Review*, 4 mars 1927.) — D'après le journal *Power*, l'installation de la première turbine de 100 000 kw à la station centrale de Long Beach (Southern California Edison C°) est sur le point de commencer. L'installation actuelle est prévue pour 8 groupes semblables qui porteraient la puissance totale de la station centrale à plus de 957 500 kw. L'installation du premier groupe doit être terminée le 1er février 1928 et coûtera, avec les organes accessoires, environ 7 000 000 de dollars.

La Compagnie American Gas and Electric C° annonce l'achat, pour l'usine de Philo, de la Ohio Power C°, d'un groupe à vapeur de 165 000 kw dont l'installation totale, avec ses chaudières, appareils de refroidissement et transformateur haute tension, coûterait 17 000 000 dollars ; la capacité d'utilisation de la station de Philo serait alors portée à 245 000 kw. Cette station, avec celles de Winsdor, Tivin Branch, Cabin Creek, Kenova, Glen Lyn et Logan, alimente un réseau de transmission à haute tension qui s'étend de Michigan, à travers l'Indiana, l'Ohio et la Virginia occidentale, jusqu'à la Virginia du Sud, et Tennessee, vers le sud, et jusqu'au fleuve Ohio, vers l'est ; ce réseau est en outre connecté avec ceux de Chicago, Toledo, Cleveland et Pittsburg ; il constitue un des transports d'énergie les plus vastes du monde entier. J. M.

Téléphonie transatlantique. (*The Electrical Review*, 18 février 1927.) — Le premier mois de fonctionnement du service de radiotéléphonie transatlantique marque un succès commercial, les recettes excédant les dépenses ; les Américains auraient confirmé leur réputation de grands usagers du téléphone, les communications issues de chez eux ayant atteint une moyenne de 9 pour 5 appels anglais.

Un service téléphonique commercial a été ouvert le 12 février entre Chicago, Detroit et Londres. J. M.

Abaissement des tarifs téléphoniques en Allemagne. (*The Electrical Review*, 18 février 1927.) — Les prix des abonnements téléphoniques en Allemagne doivent être réduits dans des proportions considérables. Les tarifs qui variaient de 5 à 12 marks par mois, vont tomber entre 3 et 9 marks par mois.

Ils donneront droit à 40 communications gratuites, les communications supplémentaires étant au prix unitaire de 10,9 à 8 pfennings, suivant la zone, au lieu du tarif unique de 15 pfennings jusque-là en vigueur. Les appels interurbains pour des distances comprises entre 15 et 75 km seront réduits de 45, 90 et 120 pfennings respectivement à 40, 60 et 90 pfennings ; les 3 premières minutes de conversations terminées, le temps sera compté par minute, au lieu de périodes de 3 m.

Entre 7 heures du soir et 8 heures du matin les tarifs interurbains sont seulement les 2/3 de ceux de jour. J. M.

Digitized by Google

EXPÉRIENCES RÉCENTES SUR LA TÉLÉVISION

On peut résumer la situation actuelle du problème de la télévision en disant que, si toutes les solutions théoriquement possibles, ont été proposées, très peu d'expériences complètes, même sommaires, ont été réalisées et ont conduit à des montages suffisamment stables pour pouvoir être montrées en public. Les difficultés techniques sont, en effet, assez considérables.

1. L'appareil présenté par MM. Belin et Holweck est un perfectionnement de celui qui a été présenté le 26 juillet 1926 à MM. le Général Ferrié, Fabry et Mesny; il est constitué comme suit :

Un arc à grand éclat du type Garbarini éclaire un petit diaphragme percé d'un trou d'un millimètre. L'image de ce diaphragme formée par une lentille de petite dimension constitue le spot éclairant l'objet. Ce spot explore l'objet à transmettre suivant une double sinusoïde, les déplacements du faisceau lumineux étant obtenus par la réflexion de celui-ci sur deux miroirs oscillants. L'oscillation des deux miroirs est réalisée au moyen de bielles et de manivelles suffisamment longues pour que leur obliquité n'intervienne pas. La rotation des manivelles est liée à celle des deux alternateurs transmettant à distance les coordonnées de position du point. Ces alternateurs sont construits de façon à donner des courbes de courant bien sinusoïdales. Le rapport entre la vitesse de rotation des deux arbres entraînant chacun des miroirs définit le nombre de lignes par image. Ce nombre est de 33 dans l'appareil actuellement réalisé et sera prochainement porté à 50.

On voit que l'objet, bien qu'étant analysé par un spot de très grand éclat, ne subira qu'un éclairage moyen faible, incapable d'être gênant dans le cas de la transmission d'un visage animé. L'éclairage simultané de tous les points de la physionomie correspondant au même éclat serait par contre insupportable.

La lumière diffusée par l'objet lorsqu'on voudra transmettre son image en demi-teinte ou la lumière qui ne sera pas occultée par cet objet lorsqu'on désirera le voir en silhouettes, sera rassemblée par un objectif photographique à grande ouverture relative ou par un grand miroir sur la cellule photoélectrique devant transmettre la troisième coordonnée, qui est l'intensité du point lumineux.

Dans l'expérience présentée à la séance et dans laquelle des silhouettes furent seulement transmises, la cellule photoélectrique était placée au foyer d'un grand miroir de 45 cm de diamètre. Le courant photoélectrique, amplifié d'abord par ionisation par choc, ensuite par trois étages de lampes à liaison par contre-batteries, était transmis par ligne au récepteur, pour servir à la modulation de l'intensité du point.

L'appareil récepteur se compose d'un oscillographe cathodique entièrement métallique et relié à une pompe hélicoïdale, oscillographe dans lequel le faisceau était dévié au moyen de deux champs magnétiques rectangulaires parcourus par les courants alternatifs des deux alternateurs et modulés au moyen d'un diaphragme percé d'un trou, interposé entre le filament et la plaque de lancement, ainsi que l'a déjà proposé M. Valensi. La différence de potentiel lançant les électrons était de 1000 v environ. Une différence de potentiel de 10 v négatifs entre la grille et le filament étant suffisante pour éteindre complètement la tache cathodique.

L'image se composait de 1000 points environ et était analysée en 1/10 de seconde, ce qui correspond à la transmission de 10 000 signaux par seconde.

Différentes silhouettes animées furent transmises, en particulier la silhouette d'une main dans laquelle les mouvements des doigts étaient bien visibles; différents objets, une tenaille, un marteau ainsi que des lettres découpées dont le profil mobile a été montré se déplaçant sur l'écran de l'oscillographe cathodique.

Il y a lieu de mentionner tout spécialement la collaboration précieuse apportée dans la réalisation de cette expérience délicate par M. Ogloblensky, chef du laboratoire des Établissements Édouard Belin.

2. M. Valensi rappelle que ses brevets du 29 novembre 1922 et du 3 janvier 1923, relatifs respectivement à un dispositif récepteur pour la télévision et à un dispositif de transmission et de synchronisation pour la télévision, décrivent les caractéristiques essentielles de l'expérience réalisée par MM. Belin et Holweck et notamment l'exploration lumineuse des objets à faire voir à distance au moyen de 2 miroirs oscillant autour d'axes rectangulaires, le groupe moteur-alternateur central entraînant lesdits miroirs et produisant d'autre part des courants alternatifs de fréquences harmoniques (de l'ordre de 8 et 800 per : sec.), courants qui alimentent les bobines de champ magnétique qui devient au poste récepteur le pinceau de rayons cathodiques de l'oscillographe cathodique.

M. Valensi rappelle qu'il a entrepris au Laboratoire d'Études et de Recherches techniques de l'Administration des postes et des télégraphes, dès l'année 1925, des expériences basées sur le même principe et qui sont décrites dans le numéro de décembre 1926 de la revue *La Science et la Vie*. Il a utilisé un oscillographe établi par M. Johannès des Établissements Gaiffe, Gallot, Pilon.

Dans ce montage expérimental M. Valensi a préféré utiliser, pour l'exploration point par point de l'image de l'objet à transmettre, au lieu de miroirs oscillants, un ensemble de deux disques stroboscopiques opaques et mobiles pourvus de fentes transparentes en forme d'arcs de spirale dont l'équation, en coordonnées polaires par rapport au centre des disques, est linéaire. Le point de croisement des fentes de ces disques explore, par suite, toute la surface de l'image à transmettre d'une manière continue et avec une vitesse rigoureusement uniforme, ce qui semble préférable à l'exploration suivant une

Digitized by Google

double sinusoïde qui, fatalement, donne des éclats lumineux sensiblement plus faibles au centre de l'image reproduite que sur les bords de cette image.

Toutefois, bien qu'il considère de telles expériences comme un premier pas important dans la voie de la solution du problème difficile de la télévision, M. Valensi est enclin à penser, en se plaçant au point de vue technique et en considérant les applications pratiques éventuelles, que cette solution, utilisant l'oscillographe cathodique à écran fluorescent, ne saurait être considérée comme une solution parfaite et finale.

Le but intéressant à atteindre dans la pratique n'est pas, en effet, de faire voir à distance des silhouettes en quelque sorte crépusculaires d'objets fixes ou animés mais plutôt de reproduire des textes et des dessins avec une netteté comparable à celle du télégraphe ou de la téléphotographie actuellement utilisée mais avec des vitesses de transmission incomparablement supérieures.

Si, dans cet ordre d'idée, on désire, par exemple, transmettre un texte de journal ou une feuille dactylographiée, par portions de 6 cm sur 6 cm, avec une netteté de reproduction suffisante, il faut décomposer l'image à transmettre en éléments de 0,02 cm sur 0,02 cm, soit $300 \times 300 = 90\,000$ éléments d'images pour une surface carrée de 6 cm sur 6 cm. Or, le point lumineux sur l'écran fluorescent de l'oscillographe cathodique ne peut pas avoir de dimensions inférieures à 1 mm sur 1 mm; il faudrait un écran fluorescent de 30 cm sur 30 cm pour reproduire une image de 6 cm sur 6 cm, ce qui complique la réalisation technique. Il ne faut pas perdre de vue, en effet, que cet écran de 30 cm sur 30 cm doit être balayé intégralement par le pinceau cathodique dans un intervalle de temps, 1/10e de seconde par exemple, de sorte que, pour chaque élément d'image de 1 mm sur 1 mm, l'écran fluorescent n'est frappé par les corpuscules cathodiques que pendant 1/900 000e de seconde, et cependant l'impression lumineuse ainsi obtenue doit procurer sur l'œil une sensation suffisante et persistante. Il est infiniment probable qu'on serait amené, pour obtenir ce résultat, à utiliser des électrons animés d'une grande vitesse au moment où ils frappent l'écran fluorescent, et il en résultera probablement très vite une fatigue des substances fluorescentes, ce qui rendra précaire le fonctionnement du dispositif. Il ne faut pas penser d'autre part photographier directement des lueurs fluorescentes si faibles et si fugitives. Pour la téléphotographie rapide, il faudrait donc faire agir directement les électrons sur la pellicule photographique placée dans l'ampoule même de l'oscillographe cathodique, et cela soulève des questions de réalisation très difficiles.

M. Valensi a jugé préférable, au lieu de poursuivre l'utilisation de l'oscillographe cathodique à écran fluorescent qui ne fournira jamais, pense-t-il, qu'une solution approchée du problème, de rechercher des solutions plus précises dans des voies différentes. Il semble que la meilleure voie est de s'efforcer de reproduire l'image en regardant ou en photographiant point par point, à travers des écrans stroboscopiques, une source lumineuse de grand éclat lumineux uniforme sur toute sa surface à un instant donné, mais variable dans le temps suivant les fluctuations du courant photoélectrique venant du poste transmetteur.

Dans ce cas d'ailleurs les mêmes écrans stroboscopiques peuvent servir à deux fins dans un même poste :

1° Exploration point par point de l'image à transmettre ;

2° Reconstitution point par point de l'image reçue.

3. M. Dauvilliers rappelle que l'idée d'utiliser un oscillographe cathodique récepteur asservi à des courants de coordonnées produits par un dispositif mécanique analysant l'image, est due à B. Rosing qui la fit connaître en 1907. Cette idée, géniale en principe, était irréalisable dans sa conception primitive, Rosing utilisant pour analyser l'image des miroirs polyédriques tournants.

Sans connaître le travail de Rosing nous avons indépendamment, M. Valensi et moi, décrit en 1923 des méthodes correctes de télévision et, en particulier, celle qui a été utilisée par MM. Belin et Holweck. Les courants de coordonnées devant être variables et la forme idéale d'un tel courant étant la forme sinusoïdale nous avons été amenés à analyser l'image selon une double loi harmonique correspondant à une figure de Lissajoux à trame serrée. Le faisceau lumineux constituant l'image était, à cet effet, réfléchi par deux miroirs oscillants rectangulaires liés mécaniquement à des générateurs de courants alternatifs. (Brevet français n° 592 162 du 20 novembre 1925.)

Nous avons mis en œuvre ce procédé dans un appareil particulièrement simple dans lequel les deux miroirs sont portés par des diapasons à 10 et 800 périodes entretenus par triodes, lesquelles engendrent les courants de coordonnées. Les résultats expérimentaux obtenus avec ce téléphote ont été décrits il y a près d'un an (*Comptes rendus* p. 352; 2 août 1926). Nous avons observé que, s'il était facile de moduler l'éclat d'un spot cathodique au moyen de la lumière issue d'un arc — ce qui ne présente aucun intérêt pratique — il était impossible, dans l'état actuel de la technique, de transmettre — au moyen d'une cellule photo-électrique — une image d'éclat normal de l'ordre de la bougie par centimètre carré, ce qui constitue précisément le problème. On sait par contre que des expérimentateurs étrangers utilisant des méthodes purement mécaniques, mais des éléments au sélénium cent fois plus sensibles, se sont approchés très près de la solution. Cependant, les méthodes mécaniques ne paraissent pas celles de l'avenir — écartant par conséquent la reproduction en *lumière visible modulée* — et le problème purement technique se résout actuellement, à notre avis, à l'amplification suffisante du courant émis par une cellule photoélectrique aux éléments alcalins. A. B.

Digitized by Google

UN NOUVEAU REDRESSEUR DE COURANT ALTERNATIF

A PRINCIPE ÉLECTRONIQUE

On trouvera, dans l'article ci-dessous, la description d'un nouveau redresseur de courant alternatif, basé sur l'utilisation d'un disque de cuivre partiellement oxydé; plusieurs disques semblables, convenablement groupés, ouvrent à ce dispositif tout le champ des applications possibles des redresseurs.

Le redressement semble s'effectuer dans le plan commun du cuivre et de l'oxyde, sans aucune modification physique ou chimique décelable; avec un caractère analogue à celui du redressement par cathode chaude.

On trouvera également, ci-dessous, les caractéristiques physiques de ces redresseurs assemblés par groupes, et une méthode de détermination de ces caractéristiques pour chaque application particulière

Ce nouveau phénomène de redressement est de nature radicalement différente de celles observées dans les redresseurs à contact, de structure similaire. Les théories habituelles de ces derniers qui s'appuient généralement sur des phenomènes d'électrolyse ou de thermoélectricité, ne sont plus applicables ici. Les auteurs du dispositif l'expliquent à la lumière des théories modernes, par l'affinité électronique du cuivre et de son oxyde, ce qui semble d'ailleurs mieux confirmer l'observation.

Suivent enfin certaines applications pour lesquelles ces redresseurs paraissent plus particulièrement désignés.

Il est intéressant de constater l'évolution croissante des systèmes de redressement des courants alternatifs. Après les appareils mécaniques, sans doute ingénieux, mais aveugles en ce qui concerne leur marche lorsque les éléments varient, il y a eu des redresseurs à vapeur de mercure, puis ceux à cathode incandescente et enfin voici l'appareil inerte essentiellement statique qui peut avoir un avenir considérable s'il reste constamment identique à lui-même. A. S.

L'article ci-dessous est une analyse des résultats de travaux provoqués par la découverte d'un phénomène particulier observé par l'un des auteurs et présentée par eux (1) à la Société de Physique américaine, dans ses séances des 23 et 24 avril 1926.

Au cours de recherches sur le passage du courant électrique à travers l'oxyde formé sur un morceau de cuivre, dans une direction perpendiculaire à la surface de séparation, il fut remarqué que la résistance de l'ensemble était plus faible dans le sens de courant oxyde-cuivre, que dans le sens cuivre-oxyde.

(1) MM. L. O. Grondhal et P. H. Geiger. *Journal of the A.I.E.E.*, mars 1927.

Avec l'appareil d'essai, la proportion des intensités relevées était de 3 à 1. Ce phénomène apparut si différent de ceux qui caractérisent les redresseurs d'autres types connus, que son étude fut poussée très avant et permit d'aboutir à cette conclusion que l'on était en présence d'un dispositif susceptible de trouver des applications générales au redressement du courant alternatif.

Description. — Un élément redresseur de ce nouveau type comporte un disque de cuivre à la surface duquel a été formée une couche d'oxyde de cuivre (fig. 1). La surface de cette couche est reliée à une bonne connexion électrique constituée par un métal mou, tel qu'une feuille de plomb ou de clinquant. Le disque de cuivre et la connexion sont pratiquement constitués par des rondelles, assemblées par boulon et écrou assurant, par serrage, le contact nécessaire entre l'oxyde et le plomb.

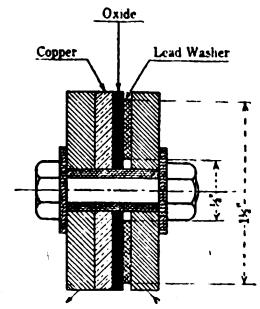


Fig. 1.
Coupe d'un redresseur à oxyde de cuivre.

La figure 1 montre, en coupe, un demi-élément redresseur.

Le redressement semble localisé à la surface commune du cuivre et de l'oxyde, sur une épaisseur pelliculaire et s'effectuer en l'absence de toute action électrolytique ou autre, et de toute modification chimique ou physique des éléments en présence.

Des redresseurs élémentaires peuvent être assemblés en nombre quelconque, en série et en parallèle, pour

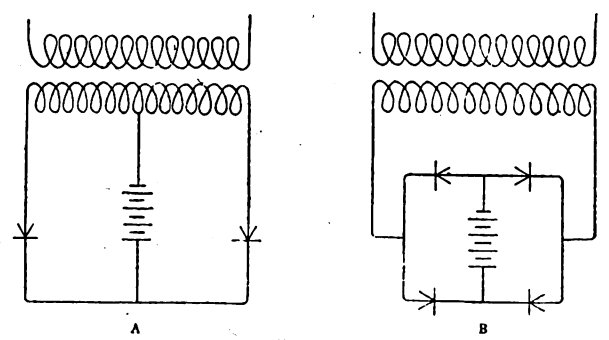


Fig. 2.
Montage des redresseurs pour l'utilisation de deux demi-périodes.

obtenir les tensions et intensités voulues. Le montage général s'effectue suivant l'une des deux méthodes habituelles, par transformateur avec ou sans prise médiane.

Le schéma 2 montre à gauche l'assemblage en groupe de 4 éléments, pour rectification totale qui permet d'éviter la prise médiane au secondaire du transformateur d'alimentation. Avec une bonne ventilation, un tel groupe peut fournir une tension redressée de 6 v avec une intensité fonction de la surface des éléments.

La densité de courant acceptable dans l'appareil dépend

Digitized by Google

de l'efficacité de la ventilation à laquelle il est soumis. Cette efficacité peut être favorisée par l'emploi d'ailettes de radiation (fig. 11). Pour des intensités supérieures à 0,3 ampère par cm², une ventilation par air sous pression, ou l'immersion de l'appareil dans l'huile deviennent

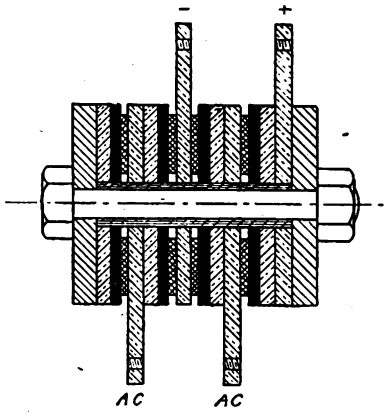


Fig. 3.
Assemblage de plusieurs valves.

nécessaires. Un redresseur placé dans ces conditions a pu fournir une marche permanente sous un débit de 0,55 ampère par cm². Des dispositifs de refroidissement sont rendus indispensables du fait que, pour une capacité

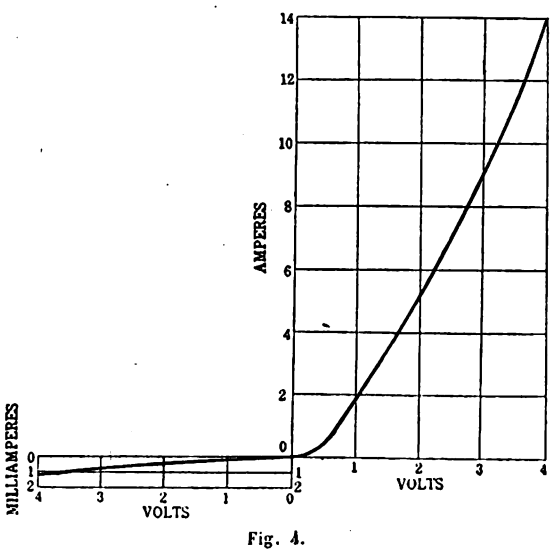


Fig. 4.
Courbe caractéristique d'un redresseur à oxyde de cuivre.

d'utilisation donnée, le volume de l'appareil lui-même est relativement faible.

Caractéristiques des redresseurs simples. — Bien qu'à première vue la connexion prise à la surface de l'oxyde semble donner au dispositif une analogie de principe avec les redresseurs du type à contacts, des observations plus précises situent le point de redressement à la surface commune au cuivre et à la couche d'oxyde.

Le détecteur à cristaux, utilisé en radiotélégraphie, possède une résistance relativement élevée, et se trouve, en outre, impropre au redressement de la moindre petite puissance notable. Ceux qui ont eu l'occasion de le manipuler ont pu constater que, même dans les limites normales de puissance, l'instabilité du contact et les variations intempestives de résistance qui s'ensuivent sont des obstacles sérieux à certaines applications.

Le nouveau redresseur à oxyde de cuivre est très stable et sa résistance très faible lui permet de débiter des intensités importantes. La surface totale de fonction entre le cuivre et l'oxyde participe au redressement et rien ne suggère l'idée d'un point sensible particulier comme dans le cas de redresseur par contacts.

La courbe de la figure 4 confirme ce qui précède ; elle donne la relation entre l'intensité et la force électro-

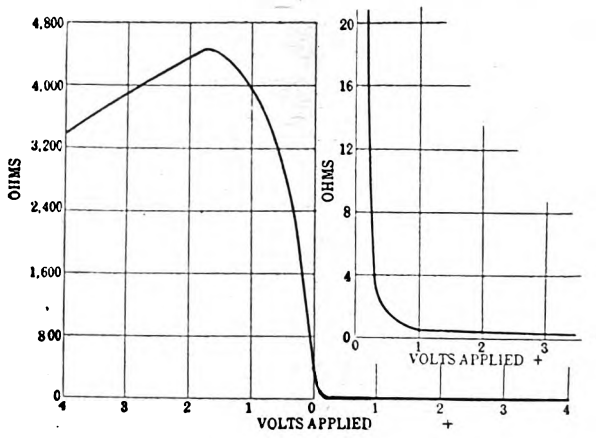


Fig. 5.
Courbes caractéristiques de la résistance en fonction de la tension.

motrice pour le passage du courant dans les deux sens. La partie de la courbe correspondant au sens de courant provoquant la résistance élevée est tracée à une échelle 1000 fois plus grande que celle de l'autre partie de la courbe. Les intensités sont, en effet, respectivement, données en ampères et en milliampères au-dessus et au-dessous de l'axe des tensions.

La figure 5 montre la relation entre la résistance et la force électromotrice. Les valeurs négatives de ces dernières correspondent au sens du courant provoquant la plus grande résistance. Les résistances tendent vers une valeur commune en même temps que la tension approche de zéro. Si celui-ci croît, la résistance déjà grande s'élève encore, et la faible résistance s'abaisse, d'abord très rapidement, puis plus lentement au fur et à mesure que la tension monte. La faible résistance continue de décroître suivant une allure pratiquement exponentielle, tandis que la résistance élevée atteint un maximum au delà duquel une augmentation de tension la fait diminuer.

La courbe de variation de la faible résistance est celle de droite, sur la figure 5; son échelle a été grossie 200 fois. Le rapport des deux résistances croît jusqu'à

Digitized by Google

des valeurs très supérieures à celles de la marge d'utilisation de l'appareil.

Le rapport du redressement, représenté pour une tension déterminée, par le quotient de la faible résistance, par la résistance élevée, est représenté figure 6. Ce rapport est en relation bien déterminée, mais non simple, avec le rendement. Cette relation se trouve compliquée du fait que, pratiquement, la tension aux bornes des éléments du redresseur varie de zéro à un maximum qui diffère suivant le sens de passage du courant. Le rendement d'un élément pour redressement total, à quatre rondelles, est donné sur la figure 7; il correspond à un appareil de puissance moyenne et exprime la proportion des watts débités en courant continu aux watts absorbés en courant alternatif. Des rendements réels de 80 pour 100 ont été observés. Étant donné que le rapport de redressement aux très basses tensions approche de l'unité il

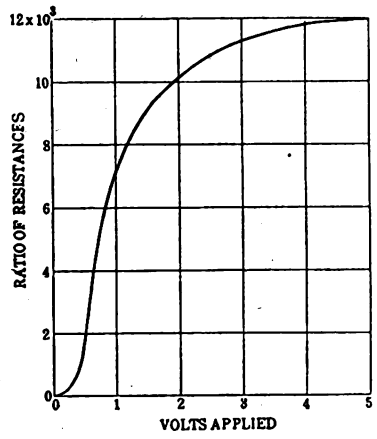


Fig. 6.
Facteur de redressement.

s'ensuit que le rendement en tant que redresseur pour ces tensions, tend vers zéro. Aux tensions d'utilisations courantes, le rapport est si grand que ses variations sont rarement importantes

On lira maintenant quelques principes dont il convient de tenir compte dans la construction de ces appareils.

Construction. — Dans la plupart des applications, il est essentiel de considérer les pertes dues au redressement, malgré leur petitesse.

En effet, dans un redresseur à rectification totale comportant 4 éléments simples, montés en pont de Wheatstone, la tension aux bornes de chacun d'eux, pendant la fraction de période correspondant au sens de grande résistance, est considérablement supérieure à celle correspondant au sens de résistance faible. Pratiquement, la tension du sens de grande résistance est telle, que le redresseur travaille bien au delà du maximum de la courbe grande résistance — tension de la figure 5. Pour ces raisons, le rapport du courant dans le sens résistance faible, au courant dans le sens résistance élevée est considérablement inférieur, dans ces conditions normales de fonctionnement, au même rapport représenté figure 6, et pris pour une même tension de part et d'autre.

La figure 8 montre le vrai rendement en puissance

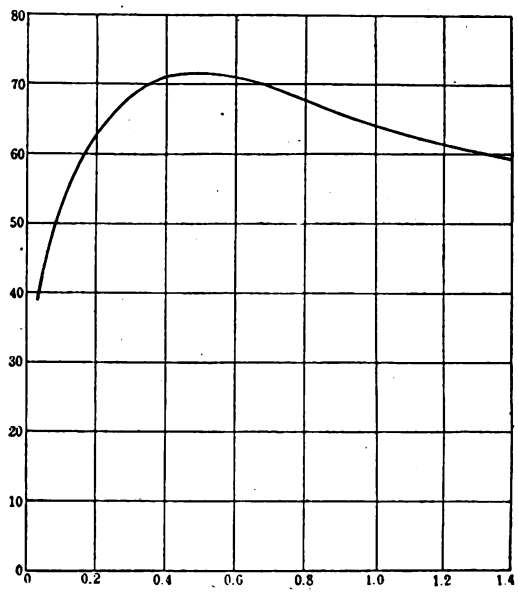


Fig. 7.
Courbe du rendement.

d'un redresseur constitué par 4 éléments, de chacun 3,75 cm de diamètre comme celui représenté figure 2.

La puissance de débit a été maintenue constante, pour chaque courbe. Les indices de celles-ci se rapportent à la

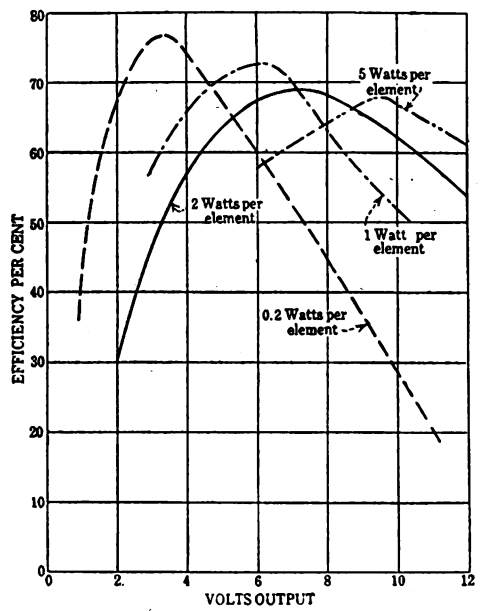


Fig. 8
Valeurs du rendement en fonction de la tension pour différentes puissances.

puissance de 1 élément, c'est-à-dire ne représentent que 1/4 de la puissance totale. Les points situés sur la gauche des sommets correspondant aux rendements maxima indiquent des pertes excessives dans le sens faible résistance du courant; les points à droite, au contraire, figu-

Digitized by Google

rent les pertes excessives dans le sens résistance élevée du courant. Pour un redresseur donné, devant fonctionner à tension à peu près constante, comme il est nécessaire pour la recharge des batteries d'accumulateurs, par exemple, les pertes dans le sens résistance élevée du courant restent pratiquement constantes, tandis que celles dans le sens inverse décroissent en même temps que le débit. Pour ces raisons, il est parfois préférable, pour un redresseur d'un débit donné, d'associer un plus grand nombre d'éléments qu'il ne serait même nécessaire pour un appareil de débit supérieur.

Le nombre des éléments nécessaires pour un débit donné dépend aussi des méthodes de refroidissement adoptées. Le mode de groupement entre eux des éléments (en série et parallèle) peut être déterminé des courbes de la figure 8. Le rendement maximum d'un groupe complet correspond à un nombre d'éléments en série (entre 2 bornes du redresseur) équivalant au quotient de la tension de débit cherchée, par la tension donnant le rendement maximum, sur la courbe correspondante.

Pour accroître le débit en intensité, il suffit de raccorder en dérivation les uns sur les autres plusieurs éléments simples d'une puissance individuelle établie comme il vient d'être dit précédemment. Si l'ensemble doit travailler suivant le schéma à 2 cellules avec secondaire de transformateur d'alimentation à prise médiane, le nombre des éléments simples en série doit être double; chaque élément travaille alors dans la même partie de la caractéristique que ceux d'un redresseur monté suivant le schéma à 4 cellules, en pont.

Pour les applications ne demandant qu'une intensité de quelques dixièmes d'ampères et moins, telles que l'alimentation des anodes de tubes électroniques, le rendement maximum ne peut parfois s'obtenir, qu'en utilisant un élément de diamètre inférieur à 3,75 cm, ou alors, en ne prenant par élément, qu'une puissance plus faible que celle qui lui serait demandée pour des applications autres. Les courbes en témoignent d'ailleurs, car le rendement maximum (pour des éléments de 3,75 cm de diamètre) pour de faibles intensités de débit ne se rencontre que sur les courbes d'éléments de petite puissance.

Caractéristiques d'éléments redresseurs groupés. — Étant donné que, dans ce genre d'utilisation, c'est la valeur moyenne du courant continu ou redressé qui intervient, le rendement sera pris comme le rapport des volts-ampères de courant redressé, aux watts de courant alternatif d'alimentation; il est inférieur au rendement en puissance.

Des relevés oscillographiques permettent de se rendre compte de l'influence de la tension alternative appliquée au redresseur, et de la force électromotrice de la batterie à recharger, sur la forme de l'onde du courant de charge. Ces intensités de charge sont la résultante d'une combinaison de la tension constante de la batterie et de la tension ondulée redressée.

Le temps (fraction de période) pendant lequel l'intensité de charge traverse la batterie augmente en même temps que la tension qui lui est appliquée. Ces oscillogrammes montrent nettement la remarquable qualité de l'effet de soupape. On y constate aussi le fait que, la résistance variant avec la tension aux bornes, les faibles valeurs de l'intensité sont légèrement inférieures à celles d'une onde sinusoïdale. La distorsion qui s'ensuit est à peine observable.

Ces redresseurs peuvent fonctionner sur des fréquences normales quelconques, sans aucune différence de marche. Des essais contrôlés par des mesures appropriées ont montré la bonne qualité du redressement jusqu'à des fré-

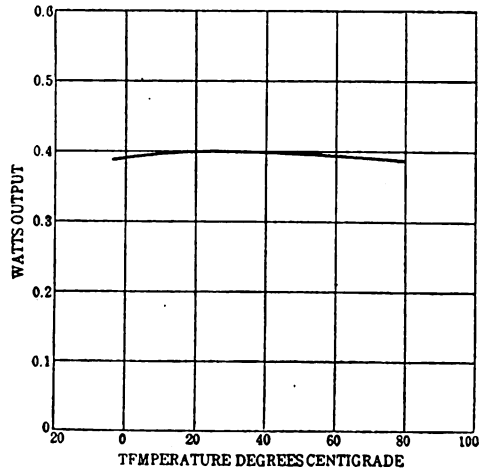


Fig. 9.
Puissance utile redressée entre 0 et 80° C.

quences supérieures à 5000000 per : sec. Au delà de la fréquence 100000, cependant, on note une décroissance progressive du redressement, qui est probablement due à un effet de capacité.

L'influence de la température sur le rendement peut être compensée de différentes manières.

On peut jouer sur le choix convenable de la dimension des éléments, et sur l'emploi d'une charge réactive appropriée. Ces artifices ont permis de débiter en permanence une certaine puissance redressée à des températures variant entre 0° et 80°C., avec une tension d'alimentation constante. Les résultats obtenus ont été consignés sur la courbe de la figure 9.

Le réglage de la tension d'un redresseur à oxyde de cuivre dépend surtout de la résistance effective de l'élément ou du groupe en service.

On peut agir sur cette résistance, de la même façon que dans une batterie de piles sèches électriques : on la modifie à volonté en variant le nombre des éléments en dérivation. Pratiquement, il est facile d'assurer une bonne régulation en donnant au redresseur une quantité de cuivre suffisante. Au cours de l'essai d'un élément de petite capacité d'utilisation, la régulation entre la marche à vide et à pleine charge fut ramenée de 16,5 pour 100 à 8,5 pour 100 en doublant la masse intérieure de métal.

Digitized by Google

Théorie du fonctionnement. — Bien que dans l'état de connaissance actuelle de ce nouveau phénomène, on ne puisse encore en affirmer la parfaite compréhension, il est absolument certain qu'il ne peut être rattaché aux théories déjà établies des redresseurs à contacts.

L'une de ces théories est basée sur la thermoélectricité. Mais étant donné que l'épaisseur de la couche d'oxyde de cuivre est ici, de l'ordre de 0,0006 mm, il est difficile d'admettre une différence de température sensible entre les deux surfaces en présence. En outre, des expériences ont montré que l'effet de résistance asymétrique est localisé sur, ou en tout cas très près, de la surface commune au cuivre et à l'oxyde et que la chaleur produite à ce contact entraînait la production d'une force électromotrice en sens inverse de celle qui fournit le redressement La théorie thermo-électrique ne tient donc pas.

Certains physiciens ont cherché des théories électrolytiques qui sont probablement applicables à quelques redresseurs à contacts dont les caractéristiques les vérifient nettement. Leur tension, par exemple, ne se stabilise qu'après quelques instants de marche. Leur intensité de débit est très irrégulière et peut l'être par variations brusques. Après un fonctionnement de durée relativement courte, des produits d'électrolyse se manifestent qui détériorent le redresseur. Le redresseur à oxyde de cuivre ne présente aucune de ces caractéristiques.

Le circuit d'alimentation étant fermé, la tension de débit s'établit immédiatement à son régime. L'intensité y est souple, comme dans un conducteur dont la résistance varie régulièrement avec la tension appliquée. On ne relève aucun produit d'électrolyse, même après un fonctionnement de *une* ou *deux années* sous des intensités de 0,08 à 0,16 ampère par cm². La théorie électrolytique ne semble donc pas plus admissible que la précédente.

La théorie de Schottky, s'appuyant sur le travail nécessaire au transport d'un électron entre deux limites de deux substances différentes ne fournit pas, non plus, une explication suffisante, car il est probable que l'affinité de l'électron du cuivre est supérieure à celle de l'électron de l'oxyde.

Dans son ouvrage sur « Le redressement du courant alternatif » Jolley mentionne une théorie qui suppose une double couche, chaque moitié de chacune d'elles étant formée d'un constituant du cristal.

Cette condition peut exister à la surface de jonction des deux corps.

Il se peut qu'au delà de la dernière couche qui contient des atomes d'oxygène se retrouve une couche d'atomes de cuivre se trouvant tous, ou presque tous, en combinaison chimique avec l'oxygène. Il n'est pas aisé de se faire une représentation physique de l'action de cette double couche.

L'un des auteurs (1) a proposé une théorie basée sur le fait d'une parenté extrêmement étroite entre le cuivre et son oxyde. Le transfert d'un électron du cuivre à l'oxyde, ou vice versa, peut s'effectuer sans passer par la chute de potentiel totale représentée par son affinité pour l'une ou l'autre des deux substances, mais seulement par une chute de potentiel correspondant à la différence de potentiels propres de ces substances. Dans ces conditions, on conçoit que, simplement à la température ambiante, et en l'absence de toute force électromotrice extérieure, un grand nombre d'électrons puissent s'échapper du cuivre vers l'oxyde.

Le cuivre remplit alors le même office que la cathode chaude d'une valve à deux ou trois électrodes et maintient dans l'oxyde, une atmosphère électronique supérieure à la normale. En raison de la faible distance entre électrodes, de leurs surfaces relativement grandes, et probablement aussi, de la constance de la caractéristique diélectrique de l'oxyde, la résistance au passage du courant électronique dans le sens cuivre-oxyde est très faible.

Une force électromotrice appliquée en sens inverse a tendance à refouler les électrons dans le cuivre. Mais, l'émission électronique permanente du cuivre s'oppose à ce refoulement, en sorte que les électrons restent concentrés à proximité immédiate de la surface du métal.

Le quotient de concentration électronique dans l'oxyde produit alors un gradient de potentiel qui s'oppose au passage des électrons dans le sens oxyde-cuivre. Cette théorie semble tout à fait d'accord avec les courbes de tension en fonction de la résistance.

Des expériences se poursuivent actuellement par une vérification plus complète de ces opinions.

Applications pratiques. — La simplicité, l'excellent fonctionnement, et les probabilités de longue durée de ce nouveau redresseur semblent indiquer son choix dans un grand nombre d'applications.

Au cours d'une étude sur ses débouchés possibles, une personnalité du monde scientifique envisageait l'éventualité d'une sous-station automatique complète, constituée par une cuve, montée sur un pylône de ligne de transport d'énergie, et contenant le transformateur, le redresseur et les interrupteurs nécessaires. L'absence totale d'entretien et la durée du redresseur qui atteindra peut-être celle de son transformateur, rendent cette opinion très séduisante et laissent croire à une réalisation pratique facile.

Le courant redressé est très régulier et semble provenir d'un commutateur parfait. L'appareil est d'un fonctionnement toujours identique à lui-même; il ne nécessite aucun électrolyte ; et ne comporte aucun organe mécanique ou contacts, mobiles, qui risquent toujours de se briser. Ce sont seulement quelques pièces solidement maintenues entre elles par un boulon. Il n'exige ni surveillance ni entretien et peut être construit en unités fournissant des débits intéressants.

Chaque élément représente des quantités relativement faibles d'intensité et de tension ; ces éléments s'assemblent

(1) L. O. Grondahl, *Science*, 24 septembre 1926, vol. 64, n° 1656, pages 306-308.

Digitized by Google

par groupes, exactement de la même façon que l'on constitue des batteries de piles.

On trouvera ci-dessous, les plus importantes des réalisations immédiates possibles avec ces nouveaux redresseurs.

1. *Appareils de mesure.* — L'emploi de ces redresseurs est tout indiqué pour les appareils à courant continu raccordés sur des circuits à courants alternatifs. Il est extrêmement pratique, par exemple, avec les ondemètres utilisant un thermo-couple. Un thermo-couple demande, en effet, un certain temps pour atteindre sa condition d'équilibre, en sorte que, après chaque réglage, l'expérimentateur se trouve obligé d'attendre quelques instants pour effectuer sa lecture. Le redresseur répond instantanément; conjugué avec un appareil de mesure approprié, il remplacera avantageusement le thermo-couple.

Il est aussi extrêmement robuste, ce qui le met à l'abri des dangers de surcharges accidentelles. D'une façon générale, il convient parfaitement pour la mesure des faibles intensités de courant alternatif, au moyen d'appareils à courant continu.

Ainsi que les courbes précédentes l'indiquent, ce redresseur ne cesse pas de fonctionner avec de faibles puissances; il possède donc une limite inférieure d'efficacité. Cette limite est d'ailleurs très basse, car l'appareil fonctionne encore d'une façon satisfaisante pour des intensités de l'ordre de quelques micro-ampères. Il est important de tenir compte de son impédance, de celle de l'appareil de mesure qui lui est adjoint, et de l'impédance de leur ensemble par rapport à celle de la source d'alimentation.

L'impédance du redresseur lui-même varie avec le débit, en sorte qu'un appareil de mesure approprié pour une certaine marge de puissance, peut devenir inexact en dehors de ces limites. Pour échapper à cet inconvénient, il suffit d'ajuster les impédances en sorte que les lectures soient exactes pour les graduations inférieures de l'appareil de mesure, et de modifier les graduations supérieures en leur faisant tenir compte une fois pour toutes de la variation d'impédance du redresseur. Aux faibles puissances, le courant redressé débité est à peu près proportionnel au carré du courant alternatif absorbé.

Pour obtenir une précision suffisante avec les appareils de mesure, il est nécessaire, soit de prévoir un compensateur thermique pour les variations de résistance du redresseur, soit de choisir des constantes d'appareil qui en tiennent compte, et permettent de les négliger dans les lectures. Ce résultat a pu être parfaitement atteint dans des applications spéciales. Les deux résistances, grande et faible, du redresseur, ont chacune un coefficient de température élevé. Les variations de température d'un redresseur en fonctionnement, sont dues d'une part, aux variations de résistance, et, d'autre part, aux modifications de pression mécanique de l'ensemble, provenant de la dilatation hétérogène de l'écrou et des autres organes constitutifs de l'appareil.

Ces modifications de pression peuvent être particulièrement utilisées à la compensation des variations de résistance. Cette compensation peut encore être obtenue par l'introduction, dans le circuit, de résistances ayant un effet inverse de celui du redresseur lui-même.

Utiliser avec des appareils de mesure de grande sensibilité, le dispositif doit être mis à l'abri de la lumière qui n'influe pas sur la résistance, mais développe une petite force électromotrice entre ses éléments.

2. *Recharge des batteries d'accumulateurs.* — Les applications des rechargeurs d'accumulateurs sont aussi nombreuses que celles des accumulateurs eux-mêmes. Le démarrage électrique des automobiles est une application type, car il est souvent nécessaire de donner à ces batteries des charges supplémentaires, en dehors de celles fournies par les dynamos des voitures. Il y a souvent là une complication pratique désagréable, qui demande une manipulation de la batterie et des connexions qui y aboutissent. Un petit transformateur et un redresseur du nouveau type, par leur facilité d'installation su une voiture, ou dans un garage, résolvent élégamment la question. La robustesse du redresseur et l'inertie totale de l'ensemble séduisent pour leur installation directe et définitive sur les automobiles.

Pour toutes les applications à la recharge d'accumulateurs, quelle que soit l'utilisation de ceux-ci, ce redresseur présente tous les avantages que les descriptions précédentes ont montrés.

3. *Appareils de commande à distance.* — Le contrôle ou la commande de circuits électriques sont généralement effectués par l'intermédiaires d'électro-aimants. Or, les électro-aimants fonctionnent beaucoup plus facilement et économiquement sur courant continu que sur courant alternatif; il suffirait donc de munir chacun d'eux d'un redresseur de ce nouveau type, solution réalisable sans aucune difficulté.

4. *Télégraphie.* — Un système de télégraphie duplex, utilisant ces redresseurs, a été proposé (fig. 10). La ligne est alimentée par un courant alternatif et polarisée au moyen de redresseurs; la marche en duplex est obtenue très simplement, en ajoutant quatre petits redresseurs aux appareils d'émission et de réception de chaque poste. Si les redresseurs sont du type à une seule alternance, la fermeture d'un manipulateur transmet l'onde supérieure de courant, qui est reçu par un sounder associé à un redresseur semblable, ne laissant passer que cette onde. Le manipulateur de l'autre poste travaille similairement sur l'onde inférieure, avec des redresseurs de sens inverse. Un tel dispositif ne peut être exploité qu'avec des redresseurs d'un fonctionnement absolument sûr et dont la capacité d'utilisation est adaptée à cet emploi spécial.

5. *Détecteur.* — Ce redresseur, sous sa forme normale, ne peut être utilisé comme détecteur radiotélégraphique; mais il trouve des applications analogues dans les circuits parcourus par des puissances plus importantes, comme

Digitized by Google

par exemple, dans le cas où l'on désire attaquer, par impulsions répétées, le primaire d'un transformateur. Il fonctionne alors exactement comme un détecteur de puissance notable.

6. *Commutateurs d'excitation.* — Les rhéostats de champ des moteurs et générateurs doivent garantir des conséquences néfastes d'une suppression intempestive de l'énergie d'excitation. Ce but peut être obtenu en connectant un redresseur aux bornes de l'interrupteur, dans un sens tel qu'il offre une faible résistance au passage de l'énergie inductive qui se développe aux bornes de l'interrupteur lors de son ouverture et qu'il s'oppose au passage du courant continu.

Un redresseur à grande résistance peut très bien convenir étant donnée la valeur élevée de la force électro-

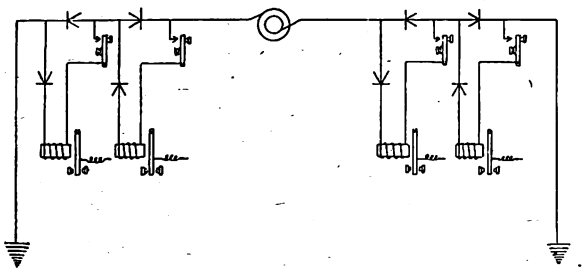


Fig. 10,
Montage de redresseurs pour télégraphie duplex.

motrice de self-induction, et la petitesse des pertes qu'il entraîne.

Des appareils sont déjà en service dans des cas analogues, pour la protection de contacts de relais.

7. *Réseaux du système Edison à courant continu.* — Dans les réseaux du système Edison, à courant continu, des redresseurs de ce type présentent les avantages particuliers de leur fonctionnement statique et de leur souplesse de groupement pour atteindre toutes les puissances voulues.

Il est parfaitement possible de construire une grosse unité constituée par un certain nombre d'éléments simples, dont les raccordements entre eux seraient modifiables suivant la charge à écouler.

On obtiendrait ainsi un appareil absolument silencieux, avec les seuls organes mobiles des ventilateurs ou groupes de refroidissement nécessaires à l'évacuation de sa chaleur interne.

8. *Radiotélégraphie.* — Ici encore, le champ de débouché est immense pour la recharge des batteries d'alimentation des postes de réception, aussi bien des batteries d'alimentation des filaments des lampes à 3 électrodes que des batteries d'alimentation des circuits de plaques ou anodes. Ce redresseur s'adapte à l'un et l'autre cas, avec des caractéristiques correspondant à chacun d'eux. Il en existe des modèles de 2 et 5 amp. pour les batteries de filaments et de 115 et 135 v pour les batteries de plaques, avec réactance appropriée.

L'utilisation la plus intéressante de ces appareils en radiotélégraphie est certainement leur substitution possible aux batteries d'accumulateurs. Dans ce cas, ils doivent être prévus non seulement pour fournir la puissance nécessaire aux filaments et plaques des lampes, mais aussi celle dépensée dans les filtres appropriés.

Aperçus généraux sur les unités de grande puissance. — Étant donné que ces appareils, de quelque importance qu'ils soient, sont formés de petits éléments simples associés (fig. 11), leur poids, par kw de puissance, ou, en d'autres termes, leur puissance massique est pratiquement indépendante de la puissance; 200 éléments de ceux qui ont été primitivement décrits (de

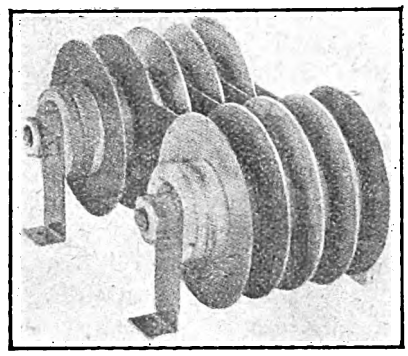


Fig. 11.
Vue d'ensemble d'un certain nombre d'éléments redresseurs montés.

3,75 cm de diamètre) peuvent fournir 1 kw, avec une ventilation convenable.

Ces 200 disques représentent environ 2 kg de cuivre; la ventilation et les supports demandent à peu près 8 kg de métal; soit un poids total de 10 kg par kw sous un encombrement de 6560 cm^3, c'est-à-dire une puissance volumique de 1 kw par 7 dcm^3.

Tel est l'appareil qui fait l'objet actuellement aux États-Unis d'études suivies et qui paraît devoir réaliser sans commutateur ni circuit mobile la conversion du courant alternatif en courant continu.

Ce système est extrêmement séduisant puisqu'il est essentiellement statique et laisse loin derrière lui les redresseurs à ampoule opérant par filament chauffé ou ceux à vapeur de mercure, tous d'une vie forcément limitée et dont l'ampoule est toujours très coûteuse à remplacer.

Il reste à voir quelle sera la durée du nouvel appareil et comment il se comportera avec le temps, mais les essais faits en Amérique paraissent déjà très nets et très concluants en sa faveur.

J. M.

Digitized by Google

DES

RÉCENTS PROGRÈS DE L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

(*Suite*[1]).

IV. **Enseignement électrotechnique.** — On conçoit qu'un si vaste corps de doctrines, d'applications, de combinaisons diverses devait nécessairement faire naître, pour leur y donner une place légitime, un nouvel aménagement de notre enseignement technique. Pendant de longues années, comme nous l'avons déjà remarqué, l'électricité n'avait apparu que comme une branche particulière, curieuse il est vrai, mais peu industrielle, de la physique générale. Il fallut, semble-t-il, le grand mouvement suscité par l'Exposition d'Electricité de 1881, pour provoquer de divers côtés la création d'un enseignement spécialement affecté à l'électricité : c'est en effet cette même année 1881 que fut organisée à Boyardville, dans l'île d'Oléron, sous le nom d'École des Défenses sous-marines, l'institution qui devait quelques années plus tard devenir l'École des Officiers torpilleurs et être transportée à Toulon. Dès le début, l'enseignement de l'électricité y fut confié par le ministre de la Marine à un professeur de l'Université, homme de grande valeur, à qui on n'a pas toujours suffisamment rendu justice. Leblond, et qui le professa sans interruption jusqu'en 1904; tout était à créer : cours, expériences, travaux pratiques ; Leblond s'y consacra entièrement, et les officiers, ses premiers élèves, le considèrent à juste titre comme le père de l'électricité dans la marine : il prit une part active aux premières installations électriques à bord des navires de guerre et s'occupa en particulier de la régulation des dynamos et des projecteurs.

L'année suivante, 1882, vit à quelques mois d'intervalle naître des cours d'électricité à l'École des Mines, à l'École du Génie maritime et à l'École de Physique et de Chimie.

C'est dans la séance du 5 juillet 1882 que l'inspecteur général Dupont proposa au Conseil de l'École nationale supérieure des Mines d'instituer des conférences sur l'électricité industrielle; il s'exprima dans les termes suivants assez intéressants à reproduire au bout de quarante-quatre ans :

« L'inspecteur de l'École demande à faire une proposition au conseil pour l'élévation du niveau des études en ce qui concerne l'électricité et ses applications industrielles ; sans parler des applications de l'électricité à l'éclairage des ateliers, des locaux les plus divers, et même des voitures en marche sur les chemins de fer dans la traversée des tunnels, comme la chose s'expérimente en ce moment sur la ligne de l'Est, M. l'Inspecteur observe que les applications de l'électricité à des transmissions d'énergie entrent désormais dans les connaissances nécessaires à l'ingénieur; il cite à ce sujet les machines électriques pour mines déjà installées au puits Thibaud et aux mines de la Béronnière (Loire), et il mentionne, en ce qui concerne les chemins de fer, le travail récent d'un ingénieur très compétent, M. Sartiaux, sous-chef de l'exploitation aux Chemins de fer du Nord qui proclame tout ce que l'application de l'électricité peut avoir d'utile comme transmission de l'énergie dans le service des signaux et les manœuvres des freins de chemins de fer. Il devient donc désormais indispensable que des conférences sur les applications de l'électricité soient faites à l'École des Mines. »

A la suite de ce rapport, six conférences bientôt portées à sept sur l'électricité étaient confiées à Potier et érigées en chaire par décret du 2 février 1895. On sait avec quel éclat l'illustre physicien professa ce cours dont les notes autographiées restent, aujourd'hui encore, une source précieuse de renseignements et de théories aussi originales que profondes.

L'École du Génie maritime, alors installée à Cherbourg, suivit également, en 1882, une marche à peu près analogue : à cette époque, Pollard, qui y professait le cours de théorie du navire, s'intéressait très vivement aux premières applications de l'électricité; en relations très amicales et très suivies avec les électriciens de la première heure : Sautter, Carpentier, Hillairet et d'autres, ayant lui-même contribué aux progrès de la téléphonie, il proposa à ses camarades et collègues de l'École du Génie maritime de leur faire une dizaine de conférences facultatives sur la science nouvelle. Ce fut là l'origine d'un enseignement qui fut régularisé quelques années plus tard et prit un développement remarquable justifié par la complexité des applications de l'électricité dans les constructions navales : on sait que ces applications, limitées d'abord aux circuits d'éclairage ou de projecteurs sur les navires de guerre « Vauban », « Amiral Duperré », « Redoutable », « Richelieu », s'étendirent bientôt à la manœuvre des tourelles, du gouvernail, des différents appareils de coque, puis, en 1888, à l'ensemble des organes des sous-marins.

Enfin, c'est aussi en octobre 1882 que l'École de Physique et de Chimie industrielle de la Ville de Paris inaugura, avec Hospitalier, ses cours et ses laboratoires d'électricité. On n'a pas oublié le rôle de premier ordre que notre regretté collègue a joué non seulement comme ingénieur, mais encore comme professeur dans les progrès des applications de l'électricité : c'est à lui, en grande partie, que nous devons la précision et la correction du langage électrique auxquelles, avec juste raison, il attachait une si grande importance et que nous devons de plus en plus, en présence de la complexité des phénomènes électriques, considérer comme une condition indispensable du progrès.

En 1884, il fut créé à l'École centrale des Art et Manufactures 20 conférences sur les applications de l'électricité et de la lumière : ces conférences, dont le nombre

(1) Voy. *L'Industrie électrique*, n° 855, du 10 avril 1927, p. 149.

Digitized by Google

fut porté à 24 en 1888, 28 en 1889, 30 en 1890, furent en 1892 transformées en cours d'électricité industrielle de 40 leçons portées plus tard à 50. Dès le début, cet enseignement fut confié à notre regretté collègue D. Monnier, qui le professa sans interruption jusqu'à sa mort survenue en 1914, et dont de nombreuses générations d'élèves ont conservé le plus vif et le plus reconnaissant souvenir.

C'est par un décret du 15 juillet 1890 que fut créée, au Conservatoire national des Arts et Métiers une chaire d'électricité industrielle : une commission, composée de Laussedat, Becquerel, Hirsch, de Comberousse et Mascart, fut chargée d'examiner les titres des candidats à cette chaire; le conseil présenta en première ligne Marcel Deprez par 15 voix sur 18 votants, présentation bientôt confirmée par l'Académie des Sciences. La seconde ligne avait été attribuée par le Conservatoire à Hospitalier et Mercadier, par l'Académie à D. Monnier. On n'a pas oublié l'éclat qu'a jeté Marcel Deprez sur cette chaire du Conservatoire national des Arts et Métiers : son nom est l'un des plus considérables de l'électrotechnique française et il est incontestable que son œuvre est la base d'où sont sortis les grands transports modernes d'énergie électrique.

En 1892, j'inaugurai moi-même à la Faculté des Sciences de l'Université de Grenoble un cours d'électricité industrielle dont j'ai ailleurs raconté les origines; c'est de ce cours, professé de 1892 à 1894, qu'est sorti quelques années plus tard l'Institut électrotechnique de Grenoble; vers la même époque, se créaient également les autres instituts universitaires de Nancy, Toulouse et Lille pour ne parler que des plus anciens.

Comme les grandes écoles dont nous avons parlé précédemment, l'École des Ponts et Chaussées avait organisé dès le début un certain nombre de conférences sur la télégraphie électrique et sur l'éclairage électrique : les premières d'ailleurs étaient fort anciennes; elles remontaient à 1860 et peut-être même plus loin. Mais c'est par un décret du 20 juillet 1895 que fut créée une chaire d'électricité appliquée comportant 15 leçons portées en 1912 à 32 leçons et 9 conférences pratiques.

Toutes ces créations montraient bien que de tous côtés on reconnaissait la nécessité de donner une place importante à l'électricité dans l'instruction générale de l'ingénieur; mais il n'existe pas encore d'établissement exclusivement destiné à la formation de l'ingénieur électricien. C'est cette lacune que vint combler la Société française des Electriciens en fondant en 1894 l'École supérieure d'Électricité qui accueille, sans distinction d'origine, tous les jeunes gens qu'elle juge aptes à profiter de son haut enseignement.

Depuis plus de trente ans, j'ai l'honneur de diriger cette belle et intéressante institution et, en cette qualité, j'ai vu passer sous mes yeux de nombreuses générations d'ingénieurs nous arrivant à peu près de tous les points de l'horizon de l'enseignement scientifique et de l'enseignement technique. De cette fréquentation constante avec la jeunesse, et autrefois et aujourd'hui, j'ai retiré une impression inébranlable de réconfort et d'optimisme.

La jeunesse a en elle-même des qualités éternelles, indépendantes des temps et des pays : « On ferait beaucoup plus de choses, a dit un de nos grands hommes d'état du XVIIIe siècle, si l'on en croyait moins d'impossibles ». Cette aspiration, un peu désabusée, est une réalité pour les jeunes : où nous nous arrêtons, ils marchent en avant, sans voir les obstacles, et souvent les franchissent avant de les avoir aperçus. Parfois, ils nous semblent s'égarer dans des voies latérales dont nous ne saisissons peut-être pas la signification; mais bientôt ils sont inconsciemment ressaisis et dirigés dans le droit chemin que leur impose une société qui veut vivre : or nul temps, plus que le nôtre, n'eut besoin à la fois d'un idéal très élevé et d'un réalisme très sûr : les deux choses ne sont pas incompatibles et je suis persuadé que le jeune ingénieur placé constamment devant la grandeur du but à atteindre, et les difficultés sans cesse renaissantes qui l'en séparent, a tout ce qu'il faut pour s'imprégner et de l'une et de l'autre. Certes nous vivons à une époque où les besoins matériels sont de plus en plus intenses, complexes, impérieux. Est-ce un bien, est-ce un mal? Des esprits chagrins disserteront à perte de vue sur cette question, et une école contemporaine ira jusqu'à opposer la civilisation à la culture, à prétendre que l'une détruit l'autre, et que la marche moderne vers le développement toujours plus grand du mécanisme et de la pratique des forces naturelles est en opposition constante et absolue avec le mysticisme qui fit les grands artistes du moyen âge. Faudrait-il donc en conclure que la misère matérielle est indispensable à l'épanouissement des splendeurs intellectuelles? Sous cette forme le paradoxe est trop visible; mais on conçoit que quelque inquiétude puisse prendre naissance devant le développement de certains appétits de jouissance auquel nous assistons en ces temps troublés. Pour ma part, je ne partage pas cette inquiétude : le grand cataclysme de 1914 a produit parmi nous des pertes telles, qu'elles confondent notre imagination et déchirent notre cœur, pertes matérielles et pertes morales, destruction de richesses et destructions incomparablement plus cruelles et plus irréparables de vies et d'intelligences. Les phénomènes complexes auxquels nous assistons aujourd'hui sont des phénomènes de cicatrisation : les lois naturelles sont partout les mêmes, et de même qu'autour d'une plaie saine qui se guérit, les cellules bourgeonnent d'une manière en apparence désordonnée et tumultueuse, de même les remous auxquels nous assistons sont, dans leur fin cachée, destinés à fermer une blessure dont les conséquences s'effaceront peu à peu pour les générations à venir.

C'est ainsi que dans le domaine matériel apparaît cet appétit de jouissance dont nous parlions tout à l'heure et qui n'est en outre que l'excès même de l'activité fébrile que l'on observe dans la fourmilière troublée par un cataclysme à son échelle, et que dans le domaine intellectuel, se développe cette littérature extraordinairement

Digitized by Google

abondante et trop souvent vide qui encombre et multiplie les librairies et dont Montaigne disait déjà « l'escrivaillerie semble estre quelque symptôme d'un siècle desbordé : quand escrivismes nous tant que depuis que nous sommes en trouble? quand les Romains tant que lors de leur ruyne? » De ces deux excès, j'ai la ferme conviction que nos jeunes ingénieurs sont exempts : certes, en arrivant dans nos écoles, ils ont un ardent désir de toucher de près la réalité, d'acquérir des connaissances concrètes et positives, de laisser de côté tout ce qui est convention et abstraction : mais cette aspiration même les garantit contre les songes creux et les vaines théories dédaigneuses des faits ; et d'autre part combien n'en ai-je pas vu, à leur sortie de nos grandes écoles, rechercher de préférence à la situation lucrative, la situation intéressante, où ils puissent compléter leurs connaissances, en acquérir de nouvelles, et mettre en jeu ces forces juvéniles toutes prêtes à se dépenser pour un but élevé et utile? N'est-il pas permis de voir là la trace toujours vivante de cet idéalisme impérissable que je m'obstine à croire le privilège de la jeunesse, et n'est-il pas enviable, le sort du vieux professeur qui, sentant les années se succéder inexorablement, garde, par le contact toujours renouvelé des jeunes générations, l'illusion et, qui sait, même un peu de la réalité d'une jeunesse conservée? Ce sont elles, ces jeunes générations, qui sont l'espoir et l'avenir de notre société bientôt centenaire : accueillons-les largement, encourageons leurs travaux et leurs recherches, et ainsi, constamment fortifiée d'un sang généreux et riche, notre chère société marchera d'un pas sûr vers ses destinées lointaines, organe essentiel dans la vie générale du pays, outil magnifique de progrès et développement pour la science et l'industrie françaises.

P. JANET,
Membre de l'Institut.

UN SYSTÈME NOUVEAU DE COMMISSIONS
VISANT
LE DÉVELOPPEMENT DE LA CLIENTÈLE DES RÉSEAUX

L'*Electrical World* du 4 décembre consacre une longue étude, tant aux méthodes employées qu'aux moyens envisagés, par une société du Middle West, pour développer la vente d'énergie de son réseau à toutes les industries de la région desservie.

Déjà, utilisant des statistiques appropriées, la société a pu constater des gains annuels de 20 à 33 pour 100, c'est-à-dire s'annexer une clientèle nouvelle représentant un surcroît de consommation de 1/5 à 1/3 par an.

Ces résultats ne l'ont pas entièrement satisfaite, ainsi qu'il est montré par le caractère très étudié du projet que vient de préparer la même Société, projet dont le principe est la rémunération plus large de son personnel vendeur au moyen de commissions fixées rationnellement.

Pour être rationnel, la Société estime que le taux des commissions ne doit pas être uniforme. Elle a donc classé les industries à desservir entre un certain nombre de catégories (5), et les commissions qu'elle alloue au personnel s'élèvent à 0,05 dollar par ch pour tout client nouveau de la première catégorie assuré à la Société par l'employé, à 0,10 dollar pour les clients de la seconde catégorie, à 0,15 dollar pour les clients de la troisième catégorie, à 0,20 dollar pour les clients de la quatrième catégorie et à 0,25 dollar pour les clients de la cinquième catégorie.

Il semble que ce maximum ait un caractère exceptionnel, et la longue énumération des industries composant les quatre premières catégories est celle de par l'auteur, qui :

Dans la première classe fait rentrer les cliniques, les hôpitaux, cimetières, etc.

Dans la seconde les industries d'alimentation, les ateliers de montage d'automobiles, les usines de traitement des minerais, les carrières, les grandes entreprises, l'électrification des fermes, les fonderies, les cinémas, les journaux, les photographes (clientèle d'éclairage par arc), les stations de chemin de fer, les offices téléphoniques, télégraphiques, etc.

Dans la classe 3 les boulangeries et biscuiteries, fabrication de bouteilles, usines d'électrolyse et de galvanoplastie, usine de fabrication des cuirs, des peintures, des matières plastiques pour la construction, ateliers d'entretien des chemins de fer, stations de pompage et d'usines d'aluminium.

Dans la quatrième classe sont compris : les brasseries, les briqueteries, les minoteries, les sociétés de gaz et d'huile, les hôtels, les sociétés de froid industriel, les blanchisseries, les filatures et ateliers de bonneterie, les fabriques de papier, etc. Le projet ainsi mis au point est très complexe et il prévoit à peu près toutes les difficultés d'application qui peuvent se présenter, y compris la pénalisation, en cas de perte de clientèle, imposée aux vendeurs à un taux inférieur, il est vrai, au taux de commission qui lui est alloué en cas de succès.

A. Z.

Au cours d'une très intéressante conférence faite par M. GALATOIRE-MALÉGARIE, Directeur-adjoint de la C. P D. E., sur la *Production et la Distribution de l'énergie électrique dans la région parisienne*, il a été démontré que l'on ne pouvait plus tirer grand'chose de l'amélioration du rendement des machines des centrales modernes; au contraire c'est du côté commercial qu'il faut chercher une solution si l'on veut une meilleure utilisation du matériel. C'est donc la vente de l'énergie qu'il faut développer et encourager par des tarifs mobiles appropriés.

N. D. L. R.

Digitized by Google

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 7 mars 1927.

Sur les procédés de repérage d'alignement par les ondes hertziennes et sur les radiophares d'alignement, par André Blondel.

I. *Système à ondes courtes.* — On sait que l'on peut, à l'aide de systèmes d'antennes accouplées, reliées ensemble par une ou deux jonctions horizontales de manière à former des cadres ouverts ou fermés, réaliser la concentration des ondes hertziennes dans certaines régions de l'espace et faire apparaître par interférence (à grande distance par rapport à la longueur d'onde λ) suivant certains azimuts, des plans nodaux, c'est-à-dire dans lesquels il ne se propage aucune onde.

J'ai décrit dès 1902 (1) trois types de tels cadres, présentant des particularités différentes :

a. Cadre dans lequel les deux antennes verticales sont parcourues par des courants de phases opposées (déphasage $\varphi = \pi$), espacées entre elles au plus d'une demi-longueur d'onde $\left(d = \frac{\lambda}{2}\right)$; le plan nodal à distance d'utilisation est un plan perpendiculaire au plan des antennes.

b. Cadre dans lequel les deux antennes précédentes sont excitées en concordance de phase; le plan nodal se confond avec le plan des antennes.

c. Cadre dans lequel la différence de phase entre les antennes est égale à la phase perdue par une onde se propageant d'une antenne à l'autre $\left(\varphi = 2\pi \frac{d}{\lambda}\right)$; le plan nodal passe encore par les antennes, mais la distribution du rayonnement, au lieu d'être symétrique comme dans les deux premiers cas, est dissymétrique; le plan nodal n'existe que dans un sens unique.

M. Bellini a repris le même sujet d'une façon plus complète (2).

Les cadres des types *a* et *b* peuvent être employés, sur ondes courtes de 20 à 100 m, pour baliser, sur mer et dans l'air, un alignement correspondant au plan nodal; il suffit d'exciter le cadre au moyen d'un système générateur d'oscillations approprié, produisant des ondes musicales, pour constituer un radiophare d'alignement. En 1912, on employait pour les radiophares à ondes courtes établis sur nos côtes des émetteurs à étincelles, aujourd'hui on emploie avantageusement des postes à lampes, alimentées directement sur les plaques par un alternateur à fréquence musicale.

On peut intercaler le circuit oscillant du générateur dans la ligne de jonction entre les bases des antennes, ou coupler ce circuit par induction ou par capacité avec cette même ligne de jonction. La mise à la terre du système sera faite soit par connexion directe du point central, soit au moyen de deux condensateurs d'équilibrage, ou enfin de deux circuits inductance capacités entre les bases des antennes et la terre.

Le navigateur maritime ou aérien, qui se trouve dans un « angle mort » au voisinage du plan nodal n'entend aucun son. Pour annuler l'amplitude de cet angle mort, qui dépend de la forme des courbes de rayonnement et de la puissance des signaux par rapport à la portée, on a remplacé la méthode d'observation des silences par une méthode d'égalisation de deux sons reçus alternativement, suivant un principe que j'ai indiqué en 1910.

Des applications de cette méthode ont été faites avec succès, notamment aux Etats-Unis par le Bureau of Standards de Washington, la Marine et l'Aviation. Il n'y a plus de zone d'extinction, et la précision avec laquelle on relève l'angle d'alignement α dépend simplement de la variation différentielle des deux réceptions, c'est-à-dire de $\frac{f'(\alpha)}{f(\alpha)}$, en désignant par $\rho = f(\alpha)$ l'équation polaire de la courbe de répartition à grande distance des amplitudes des ondes, dans un plan horizontal. Le plan des antennes doit être orienté perpendiculairement à l'alignement repéré.

Avec les antennes espacées d'une demi-longueur d'onde excitées en opposition de phase, la sensibilité est maxima quand les plans des cadres d'antennes ont 90° l'un et l'autre (1), la précision serait plus grande encore avec des antennes espacées de trois quarts de longueur d'onde et formant des cadres décalés de 120° environ.

Système nouveau. — Le dispositif qui précède peut être réduit à un seul cadre produisant alternativement deux distributions de champ analogues à celles des deux cadres indépendants. A cet effet, nous exciterons les deux antennes avec des phases différentes par un oscillateur unique à ondes musicales réuni à elles par des connexions qu'un commutateur automatique intervertira périodiquement. Soient δ la différence de marche des émissions des deux antennes en fraction de longueur d'onde, d leur écartement, α l'angle du plan nodal à grande distance avec le plan perpendiculaire au plan des antennes; α est déterminé par la condition : $d \sin \alpha + \delta = \frac{\lambda}{2}$ avec $d \leqq l$ pour éviter toute ambiguïté dans les azimuts; d'où, par exemple,

pour $d = \frac{\lambda}{2}$: $\sin \alpha = 1 - \frac{2\delta}{\lambda}$; pour $d = \frac{3\lambda}{4}$: $\sin \alpha = \frac{2}{3} - \frac{4}{3}\frac{\delta}{\lambda}$.

On donnera à δ une valeur comprise entre $\frac{\lambda}{4}$ et $\frac{\lambda}{10}$ suivant les cas. Pour réaliser pratiquement ce genre d'excitation, il suffit d'intercaler dans les circuits de plaque des triodes émettrices un phasemètre formé de deux bobines à angle droit disposées comme dans le goniomètre Bellini-Tosi et montées, l'une en série avec l'inductance du circuit oscillant inductance-condensateur, l'autre en série avec le circuit oscillant lui-même; les courants dans les deux bobines sont décalés d'environ $\frac{\pi}{2}$; une troisième bobine mobile, par rapport aux deux premières, sera le siège d'une force électromotrice de phase réglable à volonté. L'une des antennes sera reliée par fil horizontal (ramené à la longueur *équivalente* convenable par des inductances et capacités convenables) à une bobine excitée inductivement par la bobine du circuit oscillant; l'autre sera reliée de même à la bobine mobile du phasemètre (ou simplement à une bobine induite par la bobine mise en série avec le circuit oscillant, si l'on veut réaliser entre les antennes un décalage des phases voisin de $\frac{\pi}{2}$). La mise à la terre des antennes peut se faire soit en un point du système oscillant, soit, au pied des antennes, par liaisons inductances-capacités ordinaires. Un commutateur tournant inversera périodiquement les liaisons du système excitateur avec les deux antennes. Le navigateur constatera l'égalité des sons des émissions alternativement provoquées,

(1) A. Blondel. *Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences* (32e session, Angers, 1903), p. 574, et Brevet belge, n° 163516 de 1912.

(2) Bellini. *Jahrbuch für drahtlose Telegrafie*, 1, 1909, page 381.

(1) On a trouvé que par ce procédé l'erreur totale de l'alignement ne dépasse pas 200 m à des portées de 80 km.

Digitized by Google

quand il se trouvera dans le plan perpendiculaire au plan des antennes. Quand il s'en écartera, il constatera la prédominance d'une ou l'autre des deux formes de champ, caractérisées par des signaux Morse différents complémentaires, qui s'emboîtent les uns dans les autres de façon que le son total paraisse continu lors de l'égalisation. On devra choisir l'angle entre les deux plans nodaux respectifs assez grand (comme dans le cas des deux cadres) pour que le navigateur se place d'abord aisément dans cet angle au moyen d'un simple relèvement goniométrique, et évite ainsi toute ambiguïté sur les indications fournies par les signaux.

II. *Ondes très courtes* (5 à 10 m). — Ces systèmes à cadres sont très simples, mais ont l'inconvénient d'envoyer des ondes dans tout l'espace; on peut l'éviter en remplaçant les deux cadres décalés considérés plus haut par deux rideaux d'antennes dirigées d'un des types que j'ai décrits en 1912, ou de ceux qui ont été imaginés plus récemment, par exemple deux rideaux en grecques, du type ingénieux de M. Mesny, formés d'éléments verticaux et horizontaux réunis tous en série et dont l'un est excité par un oscillateur.

On peut également employer deux rideaux en forme d'échelles, dont chacun sera constitué par deux conducteurs horizontaux espacés verticalement d'une demi-longueur d'onde et réunis entre eux à des intervalles d'une demi-longueur d'onde par des fils verticaux, formant ainsi une série de cadres carrés, de périmètre 2λ mis bout à bout dans un même plan, se mettant tous en vibration synchronique (comme les ponts de Lecher).

Chaque échelle produira une concentration maxima dans la direction de son plan et l'angle d'ouverture utile des faisceaux dépendra de la longueur de l'échelle. En disposant l'une au-dessus de l'autre, soit deux échelles de ce genre, soit deux grecques Mesny, formant entre elles un angle de 20 à 30° par exemple, on pourra, au moyen d'un inverseur périodique, exciter alternativement un élément de chacune inductivement par un même système oscillateur à lampes, donnant des ondes musicales, et produire par conséquent l'émission dirigée tantôt par une échelle, tantôt par l'autre; celle qui est au repos sera mise automatiquement hors de résonance par une ou plusieurs coupures convenables.

Le plan bissecteur des deux rideaux déterminera, après réglage précis, l'alignement avec une précision bien plus grande que dans les cas précédents, grâce à la forme plus effilée des faisceaux périodiquement échangés. En outre, le rayonnement sera limité à l'angle utile des faisceaux des deux rideaux, et l'on pourra éviter ainsi de troubler d'autres communications.

Les signaux en ondes courtes ou très courtes peuvent être reçus, comme l'a montré M. Mesny, par antenne de bord et récepteur à superréaction.

Les indications ainsi données au navigateur le forcent à zigzaguer autour de l'alignement balisé; pour éviter cette sujétion, nous les compléterons par l'emploi du radiogoniomètre de bord sur ondes longues, en ajoutant simplement au poste émetteur une troisième antenne excitée par un autre circuit oscillant, accordé sur $\lambda = 1000$ m par exemple. Enfin le même poste peut signaler au navigateur la distance en émettant, synchroniquement avec les signaux de la troisième antenne, des signaux sous-marins de fréquence musicale, émis par un vibrateur à membrane, immergé en un point convenable et relié au poste par un câble de longueur appropriée.

Contribution à l'étude de la matière fulminante : Exemples de décomposition spontanée, par M. E. Mathias.

I. *Cas d'une foudre dont la forme géométrique n'est pas définie.* — En 1750, le 2 juillet, à 15 h, l'abbé Richard, se trouvant pendant un orage dans l'église Saint-Michel de Dijon, vit paraître entre les deux piliers de la grande nef « une flamme d'un rouge assez ardent qui se soutenait en l'air à trois pieds du pavé de l'église ; elle s'élança ensuite à la hauteur de 12 à 15 pieds en *augmentant de volume...* elle finit *en se dilatant* par un bruit semblable à celui d'un canon que l'on aurait tiré dans l'église même » (1).

Explication. — La décomposition de la matière fulminante augmentant son volume, en vertu du principe d'Archimède, elle s'élève dans l'air progressivement. A la fin, sa température étant assez basse, le reste, non encore décomposé, explose dans l'église même.

2. *Cas de foudres sphériques.* — Le 29 août 1791, un globe de feu tournait au-dessus d'un pré, près de Pavie; il court aux pieds nus d'une jeune fille, monte sous sa jupe, *qu'il gonfle comme une ombrelle*, sort ensuite par la poitrine et s'élance dans l'air en éclatant (Spallanzani) (2).

Explication. — L'augmentation de volume de la matière fuminante décomposée spontanément est prise sur le fait de manière originale.

3. Le P. Lozeran du Fesch, professeur de mathématiques à l'Université de Perpignan, dans une lettre à Sarrau, secrétaire de l'Académie de Bordeaux, publiée à Paris en 1727, décrit les phénomènes observés le 2 septembre 1716, vers 15 h. par deux voyageurs descendant des monts du Cantal et qui furent enveloppés par un orage remarquable par ses éclairs sphériques et dit :

« ... On en voyait de toutes les grosseurs : les uns, *tout petits au moment de leur apparition, augmentaient considérablement de volume en peu de temps...* » (3).

Explication. — Il s'agit évidemment de globes fortement électrisés qui se décomposent spontanément, les produits de la décomposition lente restant groupés sous la forme sphérique, tandis que le globe de Spallanzani, qui laissait se dégager librement les gaz résultant de sa décomposition, devait être peu ou pas électrisé parce qu'il n'est pas question de secousse ressentie par la jeune fille, par ailleurs très légèrement brûlée.

4. *Cas observé à Azerailles (Meurthe-et-Moselle), vers* 18 h 45 m, *le* 21 *juin* 1915. — « Dans le centre superficiel d'un grand cumulus très haut et de couleur sombre, ... on vit sortir un petit globe blanc. *Il augmenta de volume jusqu'à atteindre la grandeur apparente de la Lune pleine*, et alors *il s'en échappa un long panache blanc* qui serpentait autour et finalement toute l'apparition, qui avait duré cinq minutes, s'affaiblit... » (4).

Explication. — Il s'agit là d'un globe blanc, *sans lumière propre*, c'est-à-dire d'une foudre habillée d'un nuage de vapeur d'eau fortement électrisé à sa surface. Par refroidissement, il se décompose lentement et progressivement en gardant d'abord sa forme sphérique à cause de sa pression électrostatique. Les *hétérogénéités thermiques* donnent un appendice caudal formé surtout de vapeur d'eau ; puis, la charge électrique se dissipant peu à peu, le globe et le panache se dissipent à leur tour sans explosion; du moins l'observation n'en fait pas mention.

(1) Camille Flammarion, *Les phénomènes de la foudre*, p. 111. Ernest Flammarion, Paris.

(2) Ignazio Galli, *Della protezione offerta dai parafulmini e di alcuni quesiti sulla natura del fulmine*, § 38, p. 46 (Estratto dalle *Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei*, 26, 1908).

(3) Camille Flammarion, *Les Phénomènes de la foudre*, p. 116. Cité par Galli.

(4) Cosmos, *Revue des Sciences et de leurs applications*, 69, 1913, p. 6. Cité aussi par Galli.

Digitized by Google

5. *Cas observé à Eisleben vers* 19 h *le* 3 *mars* 1888 *par le professeur A. Otto et un de ses collègues.* — Ils étaient dans la campagne pendant qu'un orage déversait de la neige avec abondance; aux confins d'un bois distant d'environ 400 m, ils virent un globe vivement jaune, gros en apparence comme une bulle ordinaire de savon (?) qui rasait la cime des arbres. Pendant une petite seconde, il resta fixe et sans changement; après, *il se dilata jusqu'au double de la pleine Lune* et disparut sans bruit. [*Das Wetter*, avril 1888 (1)].

Explication. — Les flocons de neige ont refroidi la foudre globulaire et, partant, hâté sa décomposition; la matière, en se décomposant lentement, a augmenté de volume, la pression électrostatique maintenant en place les produits de sa décomposition; la charge électrique du globe disparaît rapidement au milieu de l'air fortement ionisé et conducteur, permettant ainsi aux gaz résultant de la décomposition de se disperser.

Conclusion. — Les exemples précédents prouvent que, quand la matière fulminante se décompose, elle augmente notablement de volume; elle est donc le résultat d'une combinaison avec contraction de volume. Par suite, *l'hypothèse fondamentale de notre explication synthétique de la foudre peut être considérée comme solidement établie.*

6. Le professeur Galli a publié une statistique de 156 cas dans lesquels il indique la valeur approximative du diamètre des foudres sphériques. Si l'on porte la fréquence en ordonnée et le diamètre en abscisse, on obtient une courbe en cloche, la fréquence la plus grande correspondant à un diamètre de 20 à 30 cm, les diamètres extrêmes étant très rares (2).

Cette statistique indique que l'on vit *une fois* un globe d'environ 2 m de diamètre à Belfort, le 22 septembre 1803.

Les dimensions démesurées de certains globes sphériques que l'on a signalés ultérieurement, et dont le diamètre dépasserait dans certains cas 10 m, *globes qui disparaissent sans tonnerre dans les nuées* — c'est-à-dire en montant — s'expliqueraient s'il s'agissait de matière fulminante décomposée, maintenue sphérique par une pression électrostatique juste suffisante, le globe disparaissant sans explosion lorsque cette contre-pression s'annule progressivement par dissipation de la charge dans l'air ionisé et conducteur.

Sur les contacts rectifiants, par M. H. Pélabon.

Pour étudier, au moins qualitativement, l'influence de la distance des deux conducteurs d'un détecteur, ou de la pression qu'ils peuvent exercer l'un sur l'autre, nous avons fait construire un appareil dans lequel ces deux variables dépendent de la dilatation d'une tige de verre chauffée sur une portion de sa longueur par un four électrique. La baguette qui est creuse et contient un couple fer-constantan, est fixée solidement à l'une de ses extrémités, elle porte à l'autre l'un des conducteurs du détecteur. En utilisant uniquement la période de refroidissement du four, on arrive à réaliser des déplacements de l'ordre de 10^{-6} et même 10^{-7} cm par seconde. L'appareil peut tout aussi bien être utilisé pour faire varier insensiblement la pression de l'un des conducteurs sur l'autre.

Nous indiquerons d'abord les résultats de l'étude du système acier-galène.

La pointe est une aiguille d'acier, la galène sous forme de volumineux cristaux présentant à la fois les faces (100) et les faces (111) est serrée fortement par quatre vis en laiton qui s'enfoncent assez profondément dans le cristal et assurent un contact suffisant.

Après avoir porté le four à une température connue, on fixe la galène de manière que l'une de ses faces touche normalement l'aiguille, puis on coupe le courant de chauffe du four en même temps qu'on déclanche l'aiguille d'un chronomètre. La pointe entraînée par la tige de verre qui se contracte s'éloigne d'un mouvement qu'il est possible de reproduire identique à lui-même en partant de la même température initiale et du même point du cristal.

On peut alors comparer les résultats obtenus :

1° En faisant passer dans le système des courants continus;

2° En l'utilisant comme détecteur;

3° En le faisant traverser par des courants alternatifs.

1° Le contact étant établi, on note l'intensité du courant continu à l'instant de la rupture du circuit de chauffe, instant pris pour origine des temps. Au début l'intensité du courant (de l'ordre de 10^{-3} ampère) conserve une valeur sensiblement constante, elle diminue ensuite un peu et régulièrement jusqu'à l'instant t où brusquement elle prend une valeur 100 fois plus faible environ. Elle conserve cette nouvelle valeur plus ou moins longtemps et finalement après t' minutes l'intensité tombe brusquement à zéro. L'extrémité de la pointe parcourt donc deux régions bien différentes qui correspondent à des résistances qui varient dans le rapport $\frac{1}{100}$ et qui sont nettement délimitées par les temps $0,t$; t et t'. La largeur de la seconde région qui peut s'évaluer par celle de $t'-t$, bien que le mouvement d'éloignement ne soit pas uniforme, varie d'un échantillon de galène à un autre. Elle est grande (9 minutes par exemple) pour les galènes sensibles et beaucoup plus faible (1 minute et demie) pour les galènes argentifères d'Espagne considérées comme non sensibles. Si l'on construit dans tous les cas la courbe $i=f(t)$, on a une ligne continue pour la première région, une descente presque verticale à l'instant t et enfin une ligne presque parallèle à l'axe des t, assez sinueuse, mais dont les ordonnées correspondent à 10^{-7} ampère.

2° Reprenons la galène sensible et utilisons-la comme détecteur pendant que la pointe exécute un mouvement identique à celui que nous avons considéré au 1°. Dès le début du refroidissement on perçoit les émissions, les ondes amorties sont surtout nettement entendues. L'instant t de la variation brusque de résistance est parfaitement signalé par un bruissement particulier. La pointe pénètre alors dans la seconde zone où la détection des ondes entretenues est parfaite et dure exactement 9 minutes pour la galène sensible considérée plus haut, et 1 minute et demie pour l'échantillon argentifère.

Il y a donc, dans le cas de l'acier et de la galène, deux détections Di et De qui correspondent aux deux régions (intérieure et extérieure) pour lesquelles la résistance de contact prend des valeurs si différentes.

3° Établissons entre la galène et la pointe une différence de potentiel alternative de valeur efficace faible (de l'ordre du 1/10 ou 1/100 de v) et mesurons toujours dans les mêmes conditions l'intensité du courant redressé. Nous retrouvons aisément les deux régions signalées plus haut, car non seulement les intensités du courant y sont différentes mais leurs variations ne sont pas comparables. La plus grande intensité correspond à la région qui offrait la plus grande résistance au courant continu.

En résumé nous avons pu construire deux courbes : $i=f(t)$ et, pour les courants alternatifs, $i=\mathrm{F}(t)$, qui sont tout à fait caractéristiques du système considéré.

Tous les métaux se comportent comme l'acier quand on les associe à la galène. Les courbes que l'on construit avec eux, surtout en courant alternatif, ont des formes suffisamment

(1) Ignazio Galli, *Supplemento alla storia ai caratteri e agli effetti del fulmine globulare*, § 13, p. 47 (Estratto dalle *Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei*, 2ª série, 2, 1916).

(2) Ignazio Galli, *I principali caratteri dei fulmini globulari*, § 15, p. 50-52 (Estratto dalle *Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei*, 28, 1910).

Digitized by Google

différentes d'un conducteur à un autre pour qu'on puisse les considérer comme caractéristiques du métal étudié.

Il était intéressant d'étudier de la même façon les contacts purement métalliques qui comme nous l'avons montré sont rectifiants (1). C'est du reste en vue de telles recherches que nous avons imaginé l'appareil décrit plus haut.

Pour ces contacts, la détection De existe seule. Elle se produit tant que la distance minimum des deux conducteurs ne dépasse pas une certaine limite de l'ordre de 10^{-6} cm. L'intensité du courant rectifié est souvent très grande.

Toute réaction chimique capable de faire naître sur la surface de l'un des métaux un composé isolant ne change rien au phénomène, mais si le composé qui apparaît est semi-conducteur, les deux rectifications sont de nouveau observables.

La détection De que l'on pourrait appeler extra-superficielle existe donc dans tous les cas.

L'oscillateur de Planck, par M. Raoul Ferrier.

(Note d'un caractère exclusivement théorique.)

REVUE DE LA PRESSE

TRACTION ÉLECTRIQUE

Locomotives électriques des Chemins de fer allemands, pour lignes de montagnes. — L'État allemand a commandé au consortium des Ateliers Krauss, de Munich, et de la Société Brown-Boveri, dix locomotives électriques destinées au réseau bavarois; elles remorqueront de lourds trains directs sur les lignes accidentées de Munich à Lindau, à Salzbourg et à Ratisbonne.

Le *Génie Civil* du 27 mars dernier signale la mise en service régulier de la première unité construite.

Ces machines sont montées sur 4 essieux moteurs autonomes, encadrés par 2 essieux porteurs, leur spécification est 1-4 A-1.

La commande de chacun des 4 essieux moteurs est obtenue par un moteur placé au-dessus de l'essieu et attaquant celui-ci par l'intermédiaire d'un accouplement à articulation de construction spéciale, mobile dans toutes les directions.

Tous les mouvements qui se produisent dans le châssis de la locomotive, par suite de flexions ou de déviations latérales par rapport à l'essieu moteur, sont absorbés par la commande sans qu'il en résulte aucune perturbation dans la régularité de la marche du moteur qui se trouve dans le châssis. On obtient donc une marche tranquille de la locomotive, ainsi qu'une usure très faible, car il n'y a pas de variations périodiques des efforts comme dans une transmission par bielles. La position élevée des moteurs procure le grand avantage de rendre les paliers, collecteurs et balais facilement accessibles, et de permettre leur contrôle même pendant la marche.

Cette commande est en service sur 80 locomotives pour trains directs, type 2C1, des Chemins de fer suisses, sur deux locomotives d'essai, type 2D2, du Chemin de fer Paris-Orléans, sur deux locomotives d'essai, type 1D1, des Chemins de fer des Indes néerlandaises, ainsi que sur deux locomotives du même type des Chemins de fer japonais.

Les locomotives allemandes dont il s'agit ici développent 2400 ch au régime horaire; elles ont 16 m de longueur et pèsent 110 t. Leurs vitesses normale et maximum sont respectivement de 75 et 110 km : h.

Ce sont des machines à courant monophasé (15000 v, 16 2/3 per : sec), avec prises de courant à pantographes, interrupteur principal à huile, type Brown-Boveri, transformateur avec 18 prises de courant sur la basse tension, correspondant au 18 plots de l'interrupteur à gradins, et dont les quatre moteurs de traction (600 ch) sont des moteurs série compensés, avec ventilation. Ces moteurs fonctionnent tous en parallèle; en cas d'avarie à l'un d'eux, il est aisé de le mettre hors circuit et de continuer avec les autres.

TRANSFORMATEURS

Le rôle de transformateur de fréquence d'un induit à collecteur. — On sait qu'actuellement l'induit à collecteur est utilisé dans un grand nombre de dispositifs comme transformateur de fréquence. M. Iloudié (*Bulletin de l'Union des physiciens*) donne une théorie élémentaire de cette propriété des induits de dynamos continues.

La transformation de fréquence se présente le plus ordinairement dans les conditions suivantes :

Lorsque au centre d'un stator triphasé, alimenté à la pulsation Ω du réseau et donnant naissance, par suite, à un champ tournant (supposé bipolaire) de vitesse angulaire Ω on installe, au lieu d'un rotor en court-circuit, un induit à collecteur sur lequel s'appuient trois balais équidistants, la tension obtenue entre les balais présente une fréquence indépendante de la vitesse ω de ce rotor (c'est-à-dire indépendante du glissement) et telle que sa pulsation est toujours égale à la pulsation Ω du réseau.

Autrement dit, alors que les forces électromotrices induites dans les spires du rotor ont une fréquence fixée par le glissement, c'est-à-dire ont une pulsation $\Omega - \omega$, les tensions recueillies aux balais, qui sont les résultantes de ces forces électromotrices élémentaires, présentent une fréquence différente, et qui correspond invariablement à la pulsation Ω du stator.

Cette propriété, connue depuis longtemps, n'en paraît pas moins surprenante à première vue, car on sait, d'autre part, que si l'on captait ces mêmes ensembles de forces électromotrices au moyen de connexions fixes par rapport au rotor et reliées à des bagues comme dans le moteur asynchrone ordinaire, les forces électromotrices recueillies aux bagues auraient bien la pulsation $\Omega - \omega$.

On peut prévoir le rôle essentiel que joue, en effet, le mode de captation en remarquant que dans la dynamo continue on réalise déjà une transformation de fréquence, puisque dans ces conditions la somme de $\frac{n}{2}$ forces électromotrices alternatives d'une fréquence N et progressivement décalées apparaît (entre balais) comme une force électromotrice continue. Et la même transformation de fréquence, par suite du captage, est aussi manifeste dans le cas de la commutatrice.

Le rôle général de transformateur de fréquence d'un induit s'expose très aisément dans le cas de courants monophasés.

On peut tout d'abord remarquer que, dans un alternateur monophasé à induit tournant, au lieu du captage ordinaire au moyen de deux conducteurs diamétralement opposés, fixés par rapport à l'induit et aboutissant à deux bagues, il revient exactement au même de laisser subsister le collecteur, à condition de rendre solidaires de l'induit les balais toujours reliés à deux bagues.

Et, sous cette forme, il devient possible de généraliser en supposant maintenant qu'on imprime aux balais une vitesse de rotation différente de celle de l'induit.

Le mode de calcul ordinaire de la force électromotrice d'un alternateur monophasé s'étend sans peine à ce cas et suffit à établir que c'est bien la vitesse de rotation des balais de cap-

(1) H. Pélabon, *Sur les contacts rectifiants* (*Comptes rendus*, 183, 1926, p. 491).

Digitized by Google

tage qui impose la fréquence de la force électromotrice résultante, tandis que la fréquence des forces électromotrices induites élémentaires n'intervient que comme facteur dans l'expression de la valeur efficace de la tension captée.

Soit N le nombre de tours auquel est entraîné l'induit, $\omega = \pi N$ la pulsation correspondante des forces électromotrices élémentaires, et Ω la vitesse de rotation imprimée aux balais,

Si, à l'instant t, la ligne des balais fait un angle Ωt avec l'axe des pôles inducteurs continus, le flux total qui entre dans l'espace angulaire Ωt de l'induit est $\varphi = \frac{\Phi}{2} \sin \Omega t$. Or, la force électromotrice instantanée totale développée dans l'ensemble des spires comprises dans cet angle Ωt est $\frac{1}{10^8} \frac{\Sigma \Delta \varphi}{\Delta t}$. Si, suivant l'usage, on prend pour Δt le temps nécessaire pour qu'une spire de l'induit vienne prendre la place de la suivante, on a $\Delta t = \frac{1}{nN}$ (n étant le nombre total des spires de l'induit). Comme, d'autre part, on a alors $\Sigma \Delta \varphi = \frac{\Phi}{2} \sin \Omega t$, il vient, pour la force électromotrice instantanée totale relative à l'angle Ωt :

$$\frac{nN\Omega}{10^8 \frac{2}{2}} \sin \Omega t,$$

et, par suite, pour la force électromotrice instantanée e, relative à l'ensemble de l'induit et qui est le double de la précédente :

$$e = \frac{Nn}{10^8} \Phi \sin \Omega t.$$

Comme d'ailleurs $N = \frac{\omega}{2\pi}$, il vient :

$$e = \frac{n}{2\pi . 10^8} \omega \Phi \sin \Omega t,$$

expression qui justifie bien les rôles respectifs de ω et Ω.

Il résulte de là qu'un induit, animé d'une vitesse angulaire Ω, s'il est muni, d'un bout, d'un collecteur dont les balais sont entraînés à la vitesse Ω et, de l'autre bout, du captage ordinaire à bagues, sera bien un transformateur de fréquence de la pulsation ω à la pulsation Ω.

La même démonstration s'applique encore dans le cas d'un captage triphasé.

L'exposé développé a été donné par M. Blondel (*Eclairage électrique*, 23 avril 1093, p. 126) dans son étude générale relative à la théorie des moteurs polyphasés à collecteur.

On se rend compte ainsi que les conditions indiquées au début un rotor tournant à la vitesse ω, placé dans un champ tournant à la vitesse Ω et équipé avec 3 balais fixés, reviennent bien à un champ fixe avec des balais tournant à la vitesse $-\Omega$, de sorte que ce mode de captage, en réalisant la transformation de fréquence et, par suite, de pulsation de $\Omega - \omega$ à Ω, permet d'utiliser les courants induits dans le rotor pour contribuer à l'excitation du moteur.

Il résulte de là qu'avec ces moteurs on peut réaliser des variations de vitesse étendues, sous un rendement acceptable et même, dans certaines conditions, avec un facteur de puissance sensiblement égal à l'unité. Ces moteurs permettent de plus de dépasser la vitesse de synchronisme.

Pour le réglage des moteurs asynchrones puissants, l'un des moyens proposés consiste encore à se servir d'un transformateur de fréquence, d'ailleurs distinct du moteur lui-même. A. B.

Transformateurs pour courants triphasés. (*Bulletin n° 12 de l'Association suisse des électriciens.*) — M. H. Puppikofer, Ingénieur à Baden (Suisse), dans une étude sur les installations de distribution des centrales de grande puissance, soit à l'air libre, soit sous des halles couvertes, compare les transformateurs triphasés à ceux constitués par 3 transformateurs à courant alternatif simple, disposés soit en triangle, soit en étoile.

En Europe on emploie presque exclusivement des transformateurs triphasés tandis qu'en Amérique on utilise fréquemment des transformateurs à courant alternatif simple.

Ces derniers sont plus avantageux dans le cas où les conditions de transport au lieu d'emploi sont mauvaises, car le poids d'une unité est beaucoup plus réduit. Dans le cas de montage en triangle des 3 unités, cas qui du reste se présente très peu souvent dans la pratique, en cas où l'une de celles-ci est endommagée, on peut continuer à assurer le service (à une charge égale à 67 pour 100 de la normale) avec les deux autres.

Ce sont les seuls avantages, que présente l'emploi de 3 unités.

Le prix de revient d'un des 3 transformateurs à courant alternatif simple est à peu près moitié de celui d'un transformateur triphasé, de sorte que la dépense est de 50 pour 100 plus élevée dans le premier cas. Si l'on prévoit une réserve, c'est-à-dire une unité dans le premier cas, et un tranformateur dans le second, les prix de revient sont les mêmes.

Si l'on a un grand nombre d'appareils, et que l'on prévoie une unité de réserve dans chaque cas, l'emploi de transformateurs triphasés est d'autant plus avantageux qu'il y en a un plus grand nombre.

La disposition avec transformateurs à courant alternatif exige un espace beaucoup plus considérable et par conséquent fait augmenter les frais de construction, dans le cas où les appareils ne sont pas à l'air libre.

Dans le cas d'emploi de transformateurs triphasés le montage est beaucoup plus simple et l'on commet moins facilement des erreurs. Les pertes dans le fer sont beaucoup plus élevées dans les 3 unités que dans le transformateur triphasé, et si l'on tient compte de la capilalisation de la dépense d'exploitation supplémentaire qui en résulte, on se rend bien compte de l'avantage de l'emploi de transformateurs triphasés. F. L.

STATIONS CENTRALES

Nouveau record de puissance des turbines. — Les Américains ne sont jamais satisfaits des records de puissance qu'ils ont jusqu'ici battus, et la presse de langue anglaise nous fait connaître qu'ils en préparent de nouveaux, plus formidables que les précédents et qui paraîtront assez critiquables à notre collaborateur M. M. de Coninck, dont les vigoureux articles ont toujours dénoncé comme excessive la concentration des exploitations en général et des usines en particulier.

Un turbo-alternateur à vapeur trois fois plus puissant que le plus puissant des turbo-alternateurs connus jusqu'ici est actuellement en construction aux usines de Schenectady de la General Electric C°, d'Amérique pour être installé à la nouvelle station de la State Line C° (Lac Michigan).

La machine est caractéristique à bien des égards : non seulement comme représentant une puissance totale de 208 000 kw, mais encore en ce qu'elle comporte le plus puissant alternateur à 1800 t : min qui ait été jusqu'ici construit.

De plus, elle est la première à produire des tensions de 18 000 v, et notre confrère Power lui prête encore un certain nombre de records, mais il en est un qui, au dire, de l'*Electrical Review*, du 8 octobre, doit lui être refusé et qui consiste en l'utilisation de vapeur vive pour réchauffer la vapeur d'échappement de la partie à haute pression de la turbine avant son passage dans les cylindres basse pression.

En effet, la Barking station de la *County of London Electric*

Digitized by Google

Supply C° Ltd comporte également cette caractéristique de réchauffage par vapeur vive entre étages successifs de turbines à vapeur. Il y a seize mois que la première section du réseau de la County of London Electric Supply C° Ltd a été inaugurée et que fonctionne, à la satisfaction de la Société, le dispositif de réchauffage indiqué. Le même système a de même été adopté à l'usine génératrice de North Tees, dont l'établissement a commencé en 1917.

Pour revenir au remarquable groupe turbo-alternateur de la G. E. C° qui détiendra le record de la puissance et quelques autres records sensationnels, on doit signaler qu'il comprendra trois cylindres, et qu'à chacun d'eux correspondra un alternateur distinct (le premier alternateur de 76 000 kw et les deux autres de 66 000 kw); à chacun de ces deux derniers est d'ailleurs adjoint, pour les besoins des services de l'usine, un *petit* alternateur (on serait tenté de trouver l'épithète petit injustifiée, mais tout est relatif) fournissant 4000 kw.

La vapeur sera admise à la pression d'entrée de 42 kg : cm² et à la température de 750° F, et, à sa sortie du premier des trois éléments de la turbine, caractérisée par la haute pression ci-dessus, la vapeur est envoyée dans un réchauffeur à vapeur vive où sa température est, non plus ramenée à 750° F, mais à 500° F, parfaitement suffisant pour le fonctionnement économique des deux éléments à basse pression de 66 000 plus 4000 kw.

Si les chiffres ci-dessus ne donnent pas une suffisante idée de l'énormité des puissances admises aujourd'hui, il suffit de signaler que l'usine hydro-électrique de la Niagara Falls Power C° ne représente même pas la puissance de deux des unités à vapeur que la G. E. C° destine à la station de State Line, cette machine représentant 65 pour 100 de la puissance hydro-électrique du Niagara.

Le poids du turbo-alternateur est voisin de 2 000 tonnes, l'eau de refroidissement nécessaire aux condenseurs du groupe a un volume de 1600 mètres cubes, et l'air de refroidissement des alternateurs a un volume de 1000 mètres cubes par minute.

Dans la même minute, la machine exigera de la chaufferie qu'elle brûle plus de deux tonnes de charbon, ce charbon étant d'ailleurs du charbon de l'Illinois de qualité médiocre.

Telle est l'immensité de la tâche que s'est imposée la General Electric C°, en promettant de livrer à la Station de State Line, dans un délai de 18 mois, le mastodonte décrit avec admiration par notre confrère Power. Z. A.

RÉSISTANCE

Variations de la résistance électrique de certains cristaux sous l'influence de la lumière. Examen de l'effet du sélénium et de ses succédanés. (*Bulletin de la Société française de Physique*, 4 mars 1927.) — M. F. Fournier a étudié comment varie la résistance électrique des cristaux sous l'influence de la lumière, par la méthode suivante.

Les minéraux à examiner sont placés derrière la fente de sortie d'un monochromateur, la source est une lampe à filament de tungstène ou un arc à mercure; entre la fente d'entrée et la source, une roue percée de trous, coupe la lumière, à une fréquence musicale. Les cristaux sont insérés dans le circuit d'entrée d'un amplificateur à basse fréquence très stable et très sensible; un oscillographe donne des élongations proportionnelles à l'intensité du courant circulant dans les cristaux (pour une fréquence donnée); un dispositif optique permettant l'éclairement des cristaux, sous des incidences variables, complète l'appareil.

Divers minéraux ont été examinés : la bismuthine (*BiS*³) montre une sensibilité sélective localisée dans la région $\lambda = s\ \mu$. L'argentine (Ag^2S) présente une sensibilité sélective dans la même région. Aucun effet, dû au rayonnement, n'a pu être observé dans la stibine (Sb^2S^3), la molybdénite (M_oS^2), la galène (PbS).

Une étude plus complète des propriétés du sélénium a été effectuée.

Le phénomène de fatigue (variation lente de la résistance de la préparation soumise à l'éclairement constant) a été imputé à l'épaisseur, trop grande, de la couche sensible et à l'échauffement produit par le rayonnement sur la partie superficielle de cette couche.

L'auteur présente des préparations de sélénium placées dans le vide et dont l'épaisseur de la couche sensible est inférieure à 1/100 de millimètre; il est projeté des micrographies de ces éléments, qui montrent une régularité remarquable de la couche cristallisée.

Certaines préparations de sélénium présentent soit pour un éclairement constant, soit même dans l'obscurité, des variations brusques et de grande amplitude, de la résistance électrique. Dans les cas examinés, toutes ces préparations ont présenté des fractures, dans la couche cristallisée; souvent localisées près des électrodes, ces fractures sont produites soit par des chocs mécaniques, soit par des échauffements locaux de la préparation au moment de son élaboration ou pendant son emploi.

La sensibilité spectro-photoélectrique des préparations de sélénium contenant des traces d'impuretés (*Fe, Cu. Au*) a été influencée, mais les résultats obtenus sont incohérents et ne doivent pas être retenus.

Des traces très faibles de vapeur de mercure provoquent une désensibilisation rapide de toutes les préparations de sélénium exposées à cette vapeur. Des gouttelettes de mercure dispersées sur le plancher du laboratoire provoquent la désensibilisation totale de toutes les préparations placées sur les tables, en quelques jours, 2 à 15 selon les cas. La quantité des vapeurs contenues dans l'atmosphère est cependant extrêmement faible et non dosable chimiquement.

La sensibilité spectro-photoélectrique du sulfure de thallium (Tl^2S) cristallisé est localisée dans la région $\lambda = 1\ \mu$. Des additions de traces de métaux ont montré un effet très net d'étalement de la courbe spectro-photoélectrique vers les courtes longueurs d'onde; cette courbe s'étend de 0,5 μ à 1.2 π, le maximum de sensibilité sélective vers 1 μ étant conservé. L'auteur présente différents éléments réalisés et contenant des additions de métaux différents. Au moyen d'un arc à mercure modulé à fréquence musicale, par une roue percée de trous et servant de source à un monochromateur, on explore le spectre du mercure au moyen d'une préparation sensible : le passage des raies 0,516, 0,579 et 1 μ sur la préparation intercalée dans le circuit d'entrée d'un amplificateur basse fréquence provoque un son intense dans les écouteurs. Des courbes d'inertie et de fatigue de cette préparation, relevées à l'oscillographe, ont montré : 1° que l'effet de fatigue a été éliminé; 2° que la résistance a pris son état d'équilibre au bout de 1/200° de seconde; ces courbes montrent que le phénomène d'inertie a été diminué considérablement; ce point est important si l'on considère que l'inertie des préparations au sélénium, les a fait rejeter pour des applications électrotechniques et que les efforts des chercheurs n'avaient pas abouti jusqu'ici à un progrès sensible pour l'élimination de ces défauts. A. B.

QUESTIONS THÉORIQUES

Recherches expérimentales sur les mobilités des ions dans les gaz. — Pour expliquer certains résultats relatifs aux ions, notamment la petitesse de leurs coefficients de diffusion dans les gaz, diverses représentations de la constitution des ions et du mécanisme de leur formation ont été proposées.

Les unes conduisent à envisager comme probable (que dans

Digitized by Google

les conditions déterminées de température et de pression) les ions, d'un signe, formés dans un gaz, ont *tous* la même constitution et par suite la même mobilité; les autres, au contraire, qu'il peut exister différentes espèces d'ions formés par des assemblages plus ou moins complexes de molécules neutres autour des centres chargés.

Un caractère commun aux différentes théories consiste dans le fait qu'elles supposent l'existence d'une *polarisation électrostatique* des molécules neutres, dans le champ des particules chargées (électrons ou restes positifs d'atomes), d'où il résulterait une force attractive dont l'expression proposée par M. Langevin, et généralement adoptée, est

$$f = \frac{K-1}{2\pi n}\,\frac{e^2}{r^5}.$$

On peut remarquer que cette loi de force ne contient comme constante caractéristique de la nature du gaz que la constante diélectrique K, laquelle varie peu pour des gaz tels que l'oxygène ($K-1=5{,}43.10^{-4}$), l'azote ($K-1=5{,}81.10^{-4}$) l'argon ($K-1=1{,}0.10^{-4}$).

Au point de vue expérimental, pour faire un choix entre les différentes théories proposées, on s'est attaché à faire la preuve de l'identité des ions ou de l'existence d'ions de différentes natures, par des déterminations de mobilités, essayant d'établir l'existence d'une mobilité unique ou celles de mobilités distinctes.

La validité de la loi de force proposée devait se manifester d'autre part par l'existence de mobilités peu différentes dans des gaz tels que l'oxygène, l'azote, l'argon, dont les constantes diélectriques sont très voisines.

Les mesures expérimentales n'avaient conduit jusqu'ici à aucun résultat concluant car : 1° les valeurs des mobilités obtenues par différents expérimentateurs, pour un même gaz, ne sont pas concordantes; 2° les divergences, par contre, sont assez petites pour qu'on puisse les attribuer à des erreurs d'expérience. (Ex : ions positifs air sec : Lencly 1,56; Langevin 1,65; Wellisch 1,54; Blanc 1,27) et même tirer argument de leur petitesse en faveur de l'existence d'une mobilité unique.

Il a été ainsi essayé vainement de prouver de façon indiscutable, ou l'existence d'une mobilité unique ou celle de plusieurs mobilités distinctes.

M. Marcel Laporte (*Bulletin de la Société française de Physique*, 18 février 1927) a mesuré les mobilités des ions dans les gaz par une méthode qui permet d'établir s'il existe des ions de différentes mobilités et de déterminer, dans ce cas, les proportions des ions de différentes mobilités.

La méthode est, en principe, analogue à celle de Fizeau pour mesurer la vitesse de la lumière. Les ions sont entraînés par un champ électrique à travers des fenêtres ménagées dans deux plaques parallèles qui ne sont ouvertes qu'à des intervalles de temps régulier, par la rotation de deux plateaux mobiles, portant des fenêtres identiques à celles des plaques; les ions ne peuvent traverser successivement les deux fenêtres et atteindre une électrode qui ne les accueille que si leur durée de trajet, dans le champ uniforme établi entre les plaques, est égal à l'intervalle de temps qui sépare l'ouverture des deux fenêtres.

L'étude critique de la méthode a permis d'établir qu'on pourrait ainsi mettre en évidence des ions dont les différences de mobilités seraient de l'ordre de $\frac{K}{16}$. Dans la limite de ce pouvoir séparateur, on a été obligé de conclure, pour tous les gaz étudiés, à l'existence d'ions de mobilités variant continûment entre des limites assez voisines, qui comprennent les résultats assez divergents fournis par d'autres méthodes.

L'appareil permet en outre d'évaluer les proportions relatives des ions des diverses mobilités; il se comporte comme une sorte de spectromètre à mobilités; les courbes de répartition, obtenues en portant en abscisses les mobilités K et en ordonnées le nombre d'ions correspondant, ont l'allure des courbes de probabilité.

Dans le cas de l'air sec, par exemple, les mobilités des ions positifs sont comprises entre 0,82 et 2,02 avec un maximum pour 1,27; pour les ions négatifs entre 1,52 et 3,30 avec un maximum pour 2,16 (en centimètres seconde, par volt (cm).

L'influence de l'humidité a été élucidée — elle déplace l'ensemble des courbes de répartition, accélérant les ions positifs, ralentissant les ions négatifs (maximum 1,47 et 1,79 dans l'air saturé).

La méthode précédemment décrite a été ensuite appliquée à l'oxygène et à l'azote.

Les courbes de répartition dans l'oxygène et l'azote secs sont identiques à celles de l'air pour les ions positifs. Pour les ions négatifs, au contraire il y a discordance de la courbe de l'azote. On en peut conclure que les ions négatifs dans l'air sont des ions d'oxygène — ce résultat est en relation avec la grande affinité électronégative de l'oxygène.

L'influence de l'affinité électronique dans la formation des ions est encore mieux marquée par l'étude des mobilités dans l'argon, les courbes de répartition des ions négatifs dans l'argon dépendent essentiellement du degré de pureté — l'argon purifié contient une proportion croissante d'ions très mobiles qui sont probablement des électrons libres.

Comme application de cette propriété, on peut obtenir la saturation des courants d'ionisation, dans l'argon tout à fait pur, pour des tensions 50 fois plus petites environ que dans l'air. Ces expériences ont été faites par M. Laporte en collaboration avec M. da Silva.

Ces résultats montrent l'influence fondamentale de la nature chimique du gaz (liée à la constitution électronique des atomes) dans la formation des ions polymoléculaires.

A. B.

T. S. F.

Une nouvelle station de réception en Australie. (*The Electrical Review*, 1er avril 1927.) — La nouvelle station réceptrice de La Perouse, récemment inaugurée par la Compagnie Amalgameted Ltd, est destinée à la réception des messages issus de Londres (Tilbury Docks), de Vancouver et de San Francisco, ainsi qu'au maintien de la liaison avec les navires voyageant entre ces ports et munis d'émetteurs à ondes courtes. Elle constitue le centre de réception officiel de Sydney et doit être reliée en communication directe avec tous les postes d'Australie à ondes dirigées : elle passera, automatiquement, par relais, tous les messages reçus, à la direction de la Société, de même que ceux provenant des stations du gouvernement Fédéral, de la Nouvelle-Guinée et des îles Pacifiques. L'émission sera assurée par le centre de Pennant Hills, distant d'environ 45 km de La Perouse.

L'antenne de celle-ci est portée par 4 mâts métalliques tubulaires de 24 m de haut, disposés en carré, et 1 mât central de 33 m. J. M.

Une nouvelle station de radiodiffusion dans l'État libre d'Irlande. (*The Electrical Review*, 1er avril 1927.) — Ce nouveau poste, construit par la Standard Telephones and Cables Ltd Cie de Londres, pour le compte du ministère des Postes et Télégraphes d'Irlande, est situé à Cork à Sunday's Well, sur l'emplacement de l'ancienne prison. Les essais sont sur le point d'être terminés.

L'antenne, supportée par 2 mâts métalliques de 40 m de hauteur, comporte 4 fils de 52 m de longueur. Le contrepoids de terre est constitué par un réseau de fils de cuivre couvrant une surface voisine de 1800 m². La puissance nominale est de 1,5 kw, c'est-à-dire 1,5 kw fourni aux oscillateurs. La

Digitized by Google

puissance antenne non modulée atteindra 1 kw, ce qui, pour une modulation totale, de 100 pour 100, pourra donner 4 kw sans distorsion, avec un microphone du type condensateur. Les constructeurs ont déjà fourni 38 postes de radiodiffusion de caractéristiques semblables. La fréquence fondamentale d'oscillation est maintenue constante à moins de 0,01 pour 100 près. La puissance totale d'alimentation est de 9 kw, fournie par le réseau de distribution locale. On espère que la portée de ce poste permettra de couvrir tout le sud et l'ouest de l'Irlande. Son inauguration est prévue pour la fin du mois d'avril, sur 400 m de longueur d'onde. Le même programme sera transmis par cet émetteur et celui de Dublin dont les 2 studios seront reliés par fils. J. M.

Stations d'émission de grande puissance pour la Russie. (*The Electricial, Review*, 4 mars 1927.) — D'après le « World Radio », l'intention d'ériger, en Russie une station d'émission d'une puissance de 1000 kw, semble abandonnée de plus en plus par les Soviets en raison des difficultés de réalisation actuelle, que présenterait le projet.

Le commissariat des Postes et Télégraphes a cependant décidé que son programme le plus immédiat serait d'éviter l'emploi de récepteur à très grand nombre de lampes, en augmentant la puissance des émetteurs de plusieurs grands centres. Des études faites sur la puissance convenable à donner à ces postes, il résulte que les décisions seront les suivantes : Pour la Russie d'Europe : 6 postes de 25 kw (Moscou, Leningrad, Kharkoff, Tiplis, Saratoff, et Sverdlowk) et 5 postes de 10 kw (Minsk, Kieff, Odessa, Kazan, Rostoffandar le Don).

La Sébérie avec son immense superficie présente un problème sérieux. Si l'on tient compte de la faible densité de sa population. Sa « radioélectrification » totale a été remise à beaucoup plus tard. On installe actuellement un émetteur de 10 kw, à Tashkent, pour desservir les population du Turkestan. J. M.

Liaison à grande distance : Nouvelle-Zélande-Afrique du Sud. (*The Electrical Review*, 25 mars 1927.) — Le 18 mars, une liaison radiotélégraphique de plus d'une heure a pu être établie entre 2 opérateurs situés, l'un au poste de la vallée de Shag, et l'autre à celui de Caledon, dans la province de l'état libre d'Orange. Cette liaison fut extrêmement facile malgré la faible puissance utilisée en Nouvelle-Zélande.

Les amateurs de deux pays avaient essayé depuis longtemps, mais sans succès, de réaliser cette jonction. J. M.

Nouvelle station au Siam. (*The Electrical Review*, 25 mars 1927.) — La Compagnie allemande Telefunken vient d'obtenir la commande d'un poste pour Bangkok. Les trois émetteurs, installés jusqu'à ce jour, n'ont jamais pu assurer une liaison effective avec l'Europe ; pour cette raison on décida la construction d'un nouveau poste à ondes courtes, pouvant travailler à grande vitesse, en duplex, entre le Siam et l'Europe. Des offres furent faites par les Sociétés suivantes :

Compagnie Marconi : 66155 livres pour un système à ondes dirigées, et 29165 livres pour un système ordinaire; la Compagnie Générale de T. S. F. : 215784 dollars or, plus 20000 ticals, plus les droits de tous genres; la Compagnie allemande Telefunken : 25000 livres, tout compris. Ces conditions lui valurent la commande. J. M.

Liaison Espagne-Argentine. (*The Electrical Review*, 25 mars 1927.) — Au cours d'un conseil de Cabinet tenu le 16 mars dernier, l'autorisation fut accordée à une Compagnie privée d'établir une liaison radiotélégraphique par ondes courtes entre Madrid et la République Argentine. Cette concession est liée à 3 conditions : 1° le service des postes ne sera pas exclusivement limité à la liaison Espagne-Argentine ; 2° la Compagnie concessionnaire ne doit pas se considérer comme exploitant un monopole ; 3° elle ne recevra aucune subvention d'état.

Ce projet a été transmis au Ministère de l'Intérieur pour être soumis à l'examen d'experts accrédités. J. M.

Une nouvelle super-station en Suède. (*The Electrical Review*, 25 mars 1927.) — La nouvelle station de Motala, au centre de la Suède, doit procéder très prochainement à ses premier essais avec une puissance au moins égale à 30 kw. Elle est du même type que la station anglaise de Daventry. Dès son entrée en fonctionnement définitif, le poste de Karlsobrg retrouvera son affectation première, comme station radiotélégraphique, sa longueur d'onde de radiodiffusion actuelle (1305 mètres) étant cédée au nouveau poste de Motala. J. M.

Influence du nombre des antennes de réception sur la propagation des ondes électromagnétiques. (*The Electrical Review*, 1er avril 1927.) — M. H. Barfield, de la station d'étude de Slough, étudia récemment, dans quelle mesure un grand nombre d'antennes de réception accordées sur une certaine fréquence, agissait sur l'effet d'absorption terrestre de l'onde correspondante.

Le calcul montre que, pour des antennes de réception réparties en densité de l'ordre de celle que l'on rencontre à proximité des centres d'émission, l'énergie totale absorbée par ces antennes est le facteur primordial, dans l'évaluation de l'amortissement en surface, de la transmission. Des expériences à ce sujet ont conduit à des résultats qui mettent nettement en évidence l'importance du phénomène pour les fréquences de résonance et celles très voisines; les causes paraissent seulement imputables à l'action sélective des nombreuses antennes accordées, situées sur le trajet de propagation. C'est ainsi que, à Slough, l'accroissement d'intensité de 90 pour 100 fut observé, pour variation de longueur d'onde de seulement 5 pour 100 ; tandis que, pour une différence de longueur d'onde de 120 m, le croissement total du champ était de l'ordre de 5 fois, ce qui revient à dire que, pour une puissance d'émission donnée, la puissance à la réception augmente plus de 20 fois. L'hypothèse tendant à attribuer cet effet aux rencontres des ondes avec des antennes successivement accordées, puis désaccordées, semblerait confirmée par le fait qu'il gagne d'importance proportionnellement avec la distance parcourue par ces ondes au-dessus de régions habitées ; il semble, au contraire, s'atténuer jusqu'à devenir négligeable pour des parcours d'oscillations au-dessus des campagnes de faible population, autour du centre d'émission. Cet effet est en outre, indépendant de la situation géographique de l'émetteur et des récepteurs, ce qui tend encore à confirmer l'hypothèse. Mais, d'autre part, celle-ci semble amoindrie du fait que l'intensité minimum, c'est-à-dire l'absorption apparente maximum, n'apparaît pas à la fréquence de résonance, mais à une fréquence considérablement supérieure.

Les observations ci-dessus ont été tirées des travaux effectués par le Bureau des études radiotélégraphiques, et le Département des études scientifiques et industrielles. J. M.

L'Editeur-Gérant : A. LAHURE.

91 185. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris. — 1927.

Digitized by Google

36e Année. — N° 837. 10 Mai 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTEUR EN CHEF
ALFRED SOULIER
Le 2e vendredi de chaque mois de 15 h. à 16 h.

ABONNEMENTS
Paris et Départements : 30 francs par an.
Union postale : 40 francs par an.

ADMINISTRATION
9, rue de Fleurus, 9. — (Paris VIe)
TÉLÉPHONE
Ségur 04-23 et Ségur 04-44.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction au Rédacteur en Chef, 9, rue de Fleurus.

Pour toute demande de numéros de L'Industrie Électrique *on est prié de joindre, à la demande, le montant de l'envoi, en timbres-poste ou en mandat postal.*

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — L'électrotechnique en Suède. — Redresseur à vapeur de mercure pour courant continu à 8 000 v. — Radio-téléphonie sur ondes courtes en Hollande. — Soupape électrolytique avec électrode en tantale. — Manomètre thermoélectrique pour faibles pressions. — Refroidissement des transformateurs à huile. — Considérations sur l'électrification totale des chemins de fer des États-Unis. — Essais des résistances d'isolateurs à l'action d'arcs électriques. — Nouveaux moteurs de Tramways. 193

OBSERVATIONS SUR L'AMÉRIQUE. A. Z 197

QUELQUES ASPECTS DE LA QUESTION DES APPELS SIMULTANÉS DANS UN MÊME CENTRAL EN TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE (*suite*). J. M. . . 204

DOCUMENTS OFFICIELS. — SECOURS A DONNER AUX PERSONNES VICTIMES D'ACCIDENTS ÉLECTRIQUES. 210

COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES. — Contribution à l'étude de la matière fulminante : Celle-ci est-elle chaude ou froide? par M. **E. Mathias**. — Sur un nouvel oxyde ferrique ferromagnétique, par M. **Raymond Chevallier**. — Sur la propagation des ondes électromagnétiques autour de la Terre, par MM. **Henri Gutton** et **Jean Clément**. — Expériences sur la propagation des ondes radiotélégraphiques en altitude, par MM. **P. Idrac** et **R. Bureau**. — Valeurs des éléments magnétiques à la Station du Val-Joyeux (Seine-et-Oise) au 1er janvier 1927, par MM. **L. Eblé** et **J. Itié**. 212

REVUE DE LA PRESSE. — *Eclairage* : Répartition des températures le long d'un filament incandescent de tungstène chauffé électriquement dans le vide. — *Stations centrales :* La sécurité de fonctionnement de la chaudière à très haute pression. — Installations à haute pression dans les centrales électriques. 215

INFORMATIONS

L'électrotechnique en Suède. Sous ce titre, M. Niethammer, professeur à Prague, publie dans l'*Electrotechnick und Machinenbau*, un rapport sur l'électrotechnique en Suède, dont nous donnons un résumé ci-après.

Production et répartition de l'énergie électrique. — Dans ces deux villes principales Stockholm et Göteberg, l'énergie est répartie sous forme de courant continu à 3 fils, 2×220 et respectivement 2×120 v, qui provient de sous-stations avec moteurs générateurs synchrones, alimentés par le courant triphasé, fréquence 25, des usines hydro-électriques. Tandis que Göteberg reçoit de l'énergie du grand réseau à haute tension de l'Etat, Stockholm est alimentée, depuis 1918 par l'usine hydroélectrique de Untra (4 groupes de turbines horizontales de 7500 kw située à 152 km par 2 circuits triphasés à 100 000 v, avec conducteurs en cuivre de 50 mm² de section, fixés à des poteaux en treillis communs. Cette ligne aboutit à l'usine à vapeur de Värtan, d'où l'énergie produite, soit par l'usine hydraulique, soit par les turbines à vapeur, est répartie par des câbles souterrains à 6000 v à des sous-stations, dans lesquelles se trouvent des moteurs générateurs synchrones transformant le courant triphasé en courant continu à 2×220 v.

Les 24 chaudières Bobcock et Wilcox de cette usine, sont maintenues constamment sous pression, car elles sont en relation avec une chaudière à électrodes (6000 volts $\times$ 140 ampères), constamment en charge, dont le réglage est obtenu par addition de solution salée.

A Götberg, ville de 250 000 habitants, où 95 pour 100 des immeubles sont pourvus de l'éclairage électrique, on a construit en 1908 une usine à vapeur, en plus de celle qui existait déjà et depuis 1910, station de transformation alimentée par le réseau général de distribution de l'État, avec du courant triphasé 50 000 v fréquence 25. De ces stations partent des câbles souterrains à 6000 v qui desservent les sous-stations avec moteurs générateurs synchrones où le courant triphasé est transformé en courant continu 2×120 v, ainsi que les installations insdustrielles.

La plus grande partie de l'énergie distribuée dans la ville,

Digitized by Google

provient des usines hydro-électriques (annuellement environ 70 millions de kw-h); les usines à vapeur produisent annuellement moins de 2,5 millions de kw-h.

Le réseau de l'État, pour la distribution de l'énergie électrique dans tout le pays, est alimenté actuellement par les 4 usines hydroélectriques de Trolhättan, de Lilla-Edet, de Motola et de Alvkarleby, et l'usine à vapeur, de réserve, de Wästeras, qui ont une puissance totale de plus de 300 000 ch, et peuvent fournir annuellement une énergie de plus de 2 milliards de kw-h (en 1925 elles ont fourni 1105 millions de kw-h).

L'usine de Trollhättan, qui utilise l'énergie d'une chute de 32 m du Gota-Alv, à une puissance de 170 000 ch, comprend 13 groupes de turbines fournissant du courant triphasé à 25 et 50 per : sec.

L'usine de Lilla-Edet, située en aval sur le Göta-Alv, contient 3 groupes de 10 000 ch dont l'un avec turbine Kaplan commandée par un régulateur dont la tige de renvoi, passant à l'intérieur de l'arbre, peut s'incliner plus ou moins et qui, entre 3000 et 10 000 ch, a un rendement de 90 pour 100; cette turbine peut être surchargée jusqu'à 16 000 ch et supporte les variations de la charge, tandis que les deux autres turbines à hélice du type Lovaczed fonctionnent à charge constante.

La hauteur de chute est de 5,6 à 6,8 m; le lac de Wänner sort de réservoir d'accumulation à l'usine Lilla-Edet ainsi qu'à celle de Trollhättan, distante d'environ 20 km.

L'usine de Mosola située à la sortie du lac de Vätter, avec une chute de 15 m, fournit l'énergie pendant les périodes de pointes et comprend actuellement 2 groupes de 6 000 ch; la puissance sera portée plus tard à 30 000 ch.

L'usine d'Alvkarleby sur le Duälalren, au nord de Stockholm, a une chute de 16 à 20 m; elle contient 5 groupes de turbines horizontales à 4 roues qui ont ensemble une puissance de 50 000 ch.

Des stations transformatrices de ces usines partent un grand nombre de lignes à 10 000, 20 000, 30 000, 40 000, 50 000 et 70 000 v, ainsi que des lignes à 130 000 qui constituent les barres générales de la distribution dans le pays entier; les poteaux sont établis pour 200 000 v et les chaines d'isolateurs ont de 11 à 15 éléments.

Une ligne de 130 000 v aboutit à la station à vapeur, de réserve, Västeras, qui sert également de régulateur pour le facteur de puissance et d'usine de pointe.

Cette usine comprend 2 groupes avec turbines à vapeur Laval de 7 000 et 14 000 kw et 2 groupes de même puissance avec turbines à vapeur Ljungsbröm; comme à l'usine de Vårtan, une chaudière électrique est constamment sous pression.

En Suède, à cause des fortes gelées, on a dû prendre des précautions pour empêcher la glace d'obstruer les grilles; à Trollhättan, les barreaux des grilles servent comme résistances de chauffage, ils sont rangés par groupes entre lesquels la tension est de 50 v. Comme l'énergie consommée à cet effet représente à peu près 10 pour 100 de l'énergie totale fournie par l'usine, on a pris d'autres dispositions à l'usine de Lilla-Edet, où l'on a disposé les grilles dans un bâtiment spécial protégé.

Les villes desservies par le réseau alimenté par les usines hydro-électriques ont des usines de réserve, avec turbines à vapeur pour le cas où un accident se produirait dans le réseau et il faut naturellement que ces usines puissent être mises rapidement en marche. A Malmö deux accumulateurs de vapeur du système Ruth sont constamment sous pression et le vide est constamment entretenu dans la turbine à vapeur, au moyen d'un appareil à jet d'eau.

Près de 30 pour 100 de l'énergie électrique produite en Suède sont utilisés pour l'électro-métallurgie et l'électro-chimie. A Vorgön, au-dessus de Trollhättan, à Domnarat, à Grönvall, Lindblad et Stalhane fonctionnent des hauts fourneaux électriques de 3 000 à 5 000 kw produisant environ 4 tonnes de fonte pour 1 kw-an.

Il y a également des fours pour le traitement de l'acier de différents types et des usines pour la fabrication de l'acide nitrique (procédé Birkeland), de l'alcali, des chlorates, du phosphore, etc... Les usines à carbure absorbent une puissance de 8 000 kw; on fabrique également du graphite et du carborundum.

On s'intéresse beaucoup en Suède à l'emploi de l'énergie électrique pour le chauffage soit industriel, soit des habitations.

L'Académie d'Ingénieurs de Stockholm a fondé un institut spécial pour l'étude des questions de chauffage électrique, qui a déjà rendu de grands services; on construit en Suède des chaudières à électrodes pour hautes pressions alimentées directement par du courant à 40 000 v.

Chemins de fer électriques. — En Suède 900 km de lignes à voie normale des chemins de fer de l'Etat ont été électrifiés; la traction a lieu au moyen de courant alternatif simple à 16 000 v, fréquence 16 2/3. Il y a : 108 locomotives électriques en service.

Les lignes de transport générales du courant triphasé, fréquence 50 à 70 000 ou 130 000 v, desservent 5 sous-stations, dans lesquelles la tension est abaissée, pour la répartition générale et d'où partent des câbles souterrains à 6 300 v, desservant les 5 sous-stations pour la traction. Celles-ci, distantes les unes des autres de 125 à 150 km, sont équipées avec des moteurs générateurs; les deux sous-stations disposées aux extrémités contiennent chacune 3 moteurs générateurs, les 3 intermédiaires, 2 chacune. Les moteurs générateurs sont constitués par des moteurs triphasés de 3 200 kw-a pour $\cos \varphi = 0{,}7$ actionnant directement un alternateur à courant alternatif simple à 4 pôles.

Les deux machines ont le même diamètre et l'alternateur est beaucoup plus long. Les moteurs sont utilisés pour améliorer le facteur de puissance du réseau général de distribution. Les alternateurs produisent du courant monophasé, fréquence 16 2/3, dont la tension est portée à 16 000 v dans un transformateur à huile.

Chacune des sous-stations dessert une section de la ligne et ces sections sont séparées par des intervalles de 150 m, que les trains parcourent par suite de leur élan.

Il y a fil de retour porté par les poteaux du conducteur de prise sur lequel sont branchés des transformateurs de succion avec rapport de transformation égal à 1, dont les secondaires sont reliés aux rails, un pôle est mis à la terre par l'intermédiaire d'un parafoudre à cornes; ces transformateurs à huile, placés dans de petites cabines le long de la voie, sont distants de 1,4 km à proximité des sous-stations et de 2,8 km sur le reste du parcours.

Ce dispositif a considérablement diminué l'influence du courant de traction, sur les conducteurs des télégraphes, des téléphones et des signaux disposés le long de la voie qui sont disposés dans des tranchées et munies de bobines Pupin; les résultats ont été si satisfaisants que l'on projette d'installer les nouvelles sous-stations à 200 km les unes des autres.

Dans les croisements à des passages à niveau, des fils de prise de courant des tramways et des chemins de fer, les deux conducteurs sont fortement isolés l'un de l'autre et ils ne sont mis qu'alternativement sous tension.

A propos de l'électrification des chemins de fer suédois, M. Niethammer dit qu'il est de plus en plus convaincu que la solution la plus rationnelle pour l'électrification des grandes lignes est d'utiliser l'énergie du réseau général de distribution, sous forme de courant triphasé, fréquence 50, au lieu d'installer des usines génératrices produisant directement l'énergie électrique pour la traction. La seule question pendante est de savoir s'il vaut mieux, comme en Suède et en

Digitized by Google

France, installer des sous-stations à poste fixe, ou disposer sur les locomotives des appareils transformant le courant d'une des phases à la fréquence 50 ou bien en courant triphasé comme dans l'ancien type américain Split-phase system ou bien en courant continu.

L'industrie suédoise est très prospère, la principale est celle du bois et du papier, qui absorbent près de 40 pour 100 de l'énergie électrique produite en Suède; l'industrie électrotechnique est très développée; en 1924 la Suède a exporté pour 17,5 millions de couronnes (24,31 millions de francs or) de matériel électrique.

La société de constructions électriques la plus importante est la « Svenska elecktriska akliebolages de Vesteras », qui emploie 4 000 ouvriers, possède des hauts fourneaux, des forges, etc...

Parmi les nombreuses fabriques de machines, il faut citer la société de Kristineham, qui construit la turbine Kaplan de l'usine Lilla-Edet; cette société construit également des turbines Francis, pour des chutes dont le débit est très variable; celles-ci sont munies de plusieurs roues, qui sont mises successivement en service, quand le débit augmente; l'usine de Rämningea des forges de Finspont, est installée : une turbine de 1 155 ch, 300 t : min, pour une chute de 8,5 m. Cette turbine, qui a 4 roues, a un excellent rendement pour des débits variant entre 2 et 12 m³ : sec. Il faut aussi signaler que les turbines jumelles de Trollhättan de 10 000 ch ont un rendement de 94,5 pour 100.

La fabrique de paliers à billes de Göteborg a une réputation universelle; il est à remarquer que les billes sont travaillées à froid; en 1924, la Suède a exporté pour 16 millions de couronnes (22,22 millions en francs or). F. L.

Redresseur à vapeur de mercure pour courant continu à 8 000 v. (*Bulletin n° 12 de l'Association suisse des électriciens.*) — La Société Brown Boveri et Cie a mis en essai dans ses ateliers de Baden (Suisse) un redresseur à vapeur de mercure qui a fourni d'une façon ininterrompue un courant continu d'une intensité de 112 à 120 ampères, sous une tension de 8000 v, ce qui correspond à une puissance de 900 à 960 kw, sans qu'il se soit produit le moindre dérangement. Comme l'enroulement secondaire du transformateur qui desservait le redresseur était triphasé, la tension efficace entre les anodes de ce dernier était de 1 200 v. F. L.

Radiotéléphonie sur ondes courtes en Hollande. (*The Electrical Review*, 25 mars 1927.) — Au cours de la fin mars, il a été possible, deux fois, de communiquer téléphoniquement entre la Hollande et les Indes orientales hollandaises, ce qui constitue le record mondial de distance, en radiotéléphonie.

Un concert musical donné à Eindhoven fut nettement perçu par un amateur de Bandoeng; un télégramme reçu, par ailleurs, de M. De Groot, directeur des services télégraphiques et téléphoniques des Indes Hollandaises, fit savoir que la réception sur 30,92 m était excellente, deux discours ayant été parfaitement entendus au poste officiel du gouvernement de Java. Cette ville, ne possédant encore pas d'émetteur, a fait connaître ces résultats par câble.

L'émetteur hollandais fut construit sur les indications de M. Balthasar van der Pol, chef du service des études de la Société Philips, de Eindhoven, les essais étant conduits par M. Numans après autorisation spéciale du gouvernement.

La constance de la fréquence d'oscillation était assurée par un cristal de quartz vibrant, auquel était adjoint une lampe amplificatrice et des valves d'émission à refroidissement par eau. L'antenne était constituée par un fil unique retenu par un pylône de 7 m de haut. Des essais seront prochainement tentés pour obtenir le même résultat avec les Indes occidentales Hollandaises. J. N.

Soupape électrolytique avec électrode en tantale. (*Elektrotechnick und Maschinenbau.*) — Au bout de quelques instants, une plaque de tantale, déposée dans une solution conductrice, empêche le courant de circuler dans la direction de la solution, mais le laisse circuler dans le sens inverse. Dans une soupape, avec seconde électrode en plomb, le tantale constitue le pôle positif, l'énergie de la demi-phase du courant alternatif qui est interceptée, se transforme en chaleur ou en énergie chimique. Une soupape, pour la galvanoplastie, l'électrolyse, la radio-téléphonie peut être construite, en prenant une solution d'acide sulfurique, de densité 1,1 à 1,25 dans laquelle on fait dissoudre environ 1 gr de sulfate de fer par 100 cm³. F. L.

Manomètre thermoélectrique pour faibles pressions. (*Elektrotechnick und Maschinenbau.*) — M. Erich-Rumpf a construit un manomètre basé sur le fait que la conductibilité calorifique d'un gaz diminue quand la pression à laquelle il est soumis décroît.

A l'intérieur d'une spirale de platine parcourue par un courant d'intensité constante est disposé axialement un thermoélément cuivre-constantan; le tout est disposé à l'intérieur d'un tube de verre en forme de T, communiquant avec l'espace dans lequel on veut mesurer la pression.

Au fur et à mesure que celle-ci diminue, la température indiquée par le thermoélément baisse. La graduation se fait empiriquement pour une intensité de courant donné. L'instrument peut être employé pour des pressions variant entre 3 et 10^{-3} mm de mercure. F. L.

Refroidissement des transformateurs à huile. (*Elektrotechnick und Maschinenbau.*) — La chaleur due aux diverses pertes dans un transformateur à huile, qui est transmise à l'huile, peut se dissiper.

1° *Par refroidissement naturel.* L'huile transmet sa chaleur aux parois du récipient qui la contient, qui éventuellement peut être en tôle ondulée et elle est dissipée dans l'air; on construit des transformateurs de ce type d'une puissance de 7 300 v-amp. (et exceptionnellement, même de plus grande puissance). Les avantages sont la facilité de surveillance, et la sécurité de fonctionnement. Il est important que la salle dans laquelle est placé le transformateur soit bien aérée.

2° *Refroidissement par courant d'air.* Le transformateur est exposé à l'action d'un courant d'air ayant une vitesse d'environ 1,5 m par seconde; au besoin on peut accélérer la circulation de l'huile, au moyen d'une pompe.

L'avantage du système est le bon marché.

3° *Refroidissement par circulation de l'huile dans un refroidisseur à air.* L'huile est envoyée au moyen d'une pompe dans le refroidisseur autour duquel circule un courant d'air et revient au réservoir. L'avantage est que l'air peut être utilisé pour le chauffage.

4° *Refroidisseur par l'eau.* Un serpentin dans lequel circule de l'eau est disposé dans le réservoir à huile. L'avantage est que l'on n'a pas besoin de pompes pour la circulation de l'air et de l'huile et que l'espace nécessaire est faible: il faut employer de l'eau propre et en quantité suffisante.

5° *Refroidissement par circulation d'huile dans un serpentin refroidi par de l'eau.* L'avantage est que l'on peut employer de l'eau non pure, car on n'a pas à redouter d'engorgement; la pression de l'huile étant plus élevée que celle de l'eau, on n'a pas à craindre que celle-ci vienne dans l'huile.

6° *Refroidissement par de l'eau circulant dans des tubes.* Ce système est analogue au 5°, l'eau est envoyée dans des tubes, zingués à l'intérieur, qui sont disposés dans l'huile : il faut également employer de l'eau bien pure.

Digitized by Google

M. Carl Allerecht, ingénieur de la Société Siemens et Halske, donne les chiffres suivants permettant de comparer les types 3, 4 et 5 (refroidisseur seul, sans le transformateur).

	PRIX	POIDS	SURFACE exigée.
Type 3	1	1	1
— 4	0,75	0,925	2,5
— 5	0,815	0,57	0,74

Dans le cas de transformateur pour poste à l'air libre, il faut employer de préférence le refroidissement par l'air à cause de la gelée. F. L.

Considérations sur l'électrification totale des chemins de fer des États-Unis. — M. A. H. Armstrong publie dans le journal de la *General Electric* une étude sur l'électrification totale des lignes de chemins de fer des États-Unis.

Depuis 1915, la longueur du réseau des chemins de fer américains n'a pas sensiblement augmenté, tandis que le trafic a augmenté considérablement et dans une proportion plus grande que l'accroissement de la population. Le tableau suivant, qui ne tient pas compte du trafic des express, indique les augmentations du nombre d'habitants, de la longueur du réseau, et du trafic de 1880 à 1920.

	1880	1900	1910	1920
Nombre d'habitants, en millions.	63	76	92	106
Longueur du réseau, en kilomètres	270.000	320 000	390.000	400.000
Trafic en tonnes-kilomètres, en millions	111.000	210.000	370.000	600.000

On ne peut songer à augmenter considérablement la longueur du réseau, il faudra donc, le trafic continuant à augmenter, accroître la capacité du trafic des lignes existantes, en les électrifiant. A ce sujet, M. Armstrong fait remarquer que l'on n'a jusqu'ici électrifié seulement 2 pour 100 environ des lignes de chemins de fer de l'Amérique, tandis que la moitié des installations industrielles de ce pays utilisent l'énergie électrique.

Les 69 000 locomotives à vapeur, actuellement en service, seront remplacées avantageusement par des locomotives électriques, qui pourront être plus lourdes (les locomotives les plus lourdes, actuellement en service sont électriques) et l'on aura en outre une économie de charbon.

La consommation d'énergie des lignes principales, basée sur le trafic de 1925, serait la suivante :

	TONNES-KM en millions.	WATTHEURES par tonne-km.	ÉNERGIE en millions de kw-h.
Marchandises . .	1.580.000	13,7	21.700
Personnes	490.000	17,1	8.400
Triage.	80.000	34,3	2.740
Totaux. . . .	2.150 000	65,1	32.840

Soit environ 33 milliards de kw-h, sur les locomotives et 41 milliards aux usines génératrices, ce qui représente à peu près 75 pour 100 de l'énergie consommée par l'industrie (55 milliards de kw-h) en 1923. F. L.

Essais des résistances d'isolateurs à l'action d'arcs électriques. (*Elektrotechnick und Maschinenbau.*) — M. J. T. Littletom et L. C. Nicholson ont procédé à des essais de résistance d'isolateurs à l'action d'un arc électrique; ces isolateurs disposés de la même manière que dans la pratique étaient exposés pendant nn temps déterminé à l'action d'un arc électrique amorcé par la fusion d'une pièce de cuivre; la durée de son action était déterminée en réglant le relais qui actionne l'interrupteur à huile. Le courant était fourni par un transformateur de 10 000 kv-a, alimenté directement par les usines du Niagara. L'action des arcs de 500 à 800 ampères, sous une tension d'environ 13 600 v, durait 5 secondes et celle d'arcs de 1 800 ampères, à une tension de 6 600 v, durait 3 secondes.

Les opérateurs ont soumis à des essais des isolateurs en porcelaine et des isolateurs pyrex formés d'une masse vitreuse.

Tandis que des isolateurs, pour des tensions de service de 6 600 à 45 000 v, étaient complètement détériorés par un arc de 500 ampères, celui-ci n'attaquait qu'en divers points la surface des isolateurs pyrex; ceux-ci n'étaient attaqués d'une manière importante que par des arcs de plus de 1800 ampères, qui n'entraînaient cependant pas leur destruction complète.

Ces actions peuvent être expliquées par le fait que dans la porcelaine, par suite de la mauvaise conductibilité calorifique, il y a de grandes différences de température entre la surface et l'intérieur, tandis que dans les isolateurs pyrex, la chaleur se répand dans toute la masse. F. L.

Nouveaux moteurs de Tramways. (*Elektrochnick und Maschinenbau.*) — Les ateliers d'Oerlikon fabriquent des moteurs de tramways à auto-ventilation ayant donné de très bons résultats et qui ont principalement l'avantage de pouvoir fonctionner avec sécurité, même quand ils sont restés longtemps sans être nettoyés.

Le rotor est muni d'un ventilateur qui aspire de l'air du côté du collecteur et l'envoie sur la surface de l'induit et dans des rainures aménagées dans celui-ci, et les canaux sont aménagés de manière qu'il se dépose le moins possible des poussières et saletés, surtout sur les enroulements. Ces moteurs à 4 pôles de commutation ont des bobines inductrices d'une faible épaisseur afin d'éviter les trop grandes différences de température.

Pour se rendre compte des différences dans l'échauffement des moteurs complètement cuirassés, et des moteurs à ventilation, on a procédé à des essais sur les lignes de tramways les plus accidentées de Zurich (avec pentes atteignant 6,5 pour 100) sur des moteurs ayant des puissances à peu près égales. Le tableau suivant donne les résultats de ces essais.

TYPE DU MOTEUR	CUIRASSÉ	VENTILÉ
Puissance pour un fonctionnement d'une heure (kilowatts).	55	48,5
Puissance de durée kilowatts.	23	34
Poids en kilogrammes	1360	1010

Après un nombre considérable de parcours consécutifs sur les 3 lignes, les élévations de températures, calculées d'après les augmentations de résistance des enroulements, ont été les suivantes :

	CUIRASSÉ	VENTILÉ
Ligne 1	102° à 117°	64° à 82°
Ligne 2.	69° à 80°	45° à 54°
Ligne 3.	74° à 82°	50° à 53°

F. L.

Digitized by Google

OBSERVATIONS SUR L'AMÉRIQUE

Après les impressions rapportées des Etats-Unis par M. Imbs (1), nous avons promis de rapporter celles de M. Detœuf, Directeur général de la Compagnie Française pour l'exploitation des procédés Thomson Houston, impressions données au cours d'une causerie faite, en juillet 1926, à l'*Union des Industries Métallurgiques et Minières*, sous le titre : *Observations sur l'Amérique*.

Après s'être demandé s'il n'est pas « outrecuidant » de donner à un auditoire français son avis sur l'Amérique après y avoir passé six semaines, M. Detœuf a certainement inspiré à cet auditoire le sentiment qu'il n'y a, dans son cas, aucune « outrecuidance », et que l'analyse rapportée par lui d'Amérique est assez pénétrante pour mériter qu'on l'examine et qu'on y réfléchisse. Selon lui l'état de l'Amérique ne s'explique pas seulement par des statistiques et des données matérielles, mais que les causes primordiales qu'il convient de lui assigner sont d'ordre moral, et dignes en tous points de retenir l'attention de ceux qui, en Europe, auraient intérêt à les bien connaître.

Non seulement la Conférence de M. Detœuf se distingue de tant d'autres causeries par cette thèse fondamentale, mais, étant d'un bout à l'autre émaillée de traits d'observation particulièrement heureux, elle ajoute, à l'image qu'on se fait ici de la prospérité américaine, quantité de touches fines et légères, de traits précis, de détails riches en couleurs, etc... Qu'on nous permette ici d'en glaner quelques-uns, en passant volontiers la parole à l'auteur, puisqu'il paraît impossible que soient exprimées en meilleurs termes les observations qu'il a relevées à notre profit, dans son voyage d'Amérique. « Je vous demande de me pardonner, s'excuse M. Detœuf, si j'insiste beaucoup plus sur ce qui m'a paru digne d'être envié et imité que sur les points où la comparaison entre l'Amérique et nous, me semble nous être favorable. Je n'ai point cherché un parallèle stérile entre les deux pays : je voudrais des enseignements pratiques. »

Tout d'abord l'auteur avoue qu'il avait, à son départ, des idées préconçues assez généralement admises en France, que dans ces idées rien n'est vraiment inexact, mais qu'au lieu de constituer seulement un pays *qui ne diffère de nous que par l'échelle*, il faut voir dans les États-Unis un pays dont l'activité n'est pas seulement une amplification de la nôtre : elle est totalement différente, et c'est ce que l'auteur montre parfaitement après avoir, en faisant appel à quelques chiffres, indiqué du même coup, et l'importance absolue de ces chiffres, et aussi leur importance relative que n'expliquent pas, si on compare les États-Unis à la France, les proportions existantes entre les chiffres des populations respectives des deux pays, des superficies, des états, etc...

En d'autres termes, il ne suffit pas d'amplifier 3, 6 ou 9 fois les nombres français pour avoir les nombres américains; et si ces derniers marquent une telle supériorité sur les premiers au point de vue industriel et commercial, des raisons profondes, nullement arithmétiques permettent d'expliquer beaucoup plus exactement la différence.

Plus précisément, M. Detœuf conduit sa démonstration dans les termes suivants : « On dit volontiers que la forte population de l'Amérique permet l'exécution en grandes séries, et l'on se considère comme satisfait. Mais, après tout, la population de l'Amérique n'atteint pas trois fois celle de la France : On ajoute, il est vrai, que l'Américain est plus riche que le Français. La fortune de l'Amérique est évaluée 500 millions de dollars, soi 2500 dollars par tête d'habitants, tandis que celle de la France n'est que de 50 millions de dollars, soit 1000 dollars par tête. Mais nous verrons que le prix moyen de la vie est aux États-Unis environ deux fois le prix moyen de la vie en France, de sorte que, si la richesse des États-Unis est 8 fois celle de la France, leur pouvoir d'achat total est seulement 4 fois le nôtre. Les séries de l'Amérique devraient être quadruples des nôtres. Quadrupler l'importance d'une série, ce n'est pas en changer profondément le prix de revient. C'est tout au plus diminuer ce prix de 15 à 30 pour 100 selon le cas, et les frais de transports, plus coûteux qu'en France, doivent compenser, pour un pays si vaste, une économie de cet ordre. Au surplus, cela n'explique pas les rapports de 1 à 15 ou de 1 à 30 qu'on observe dans tous les domaines. Il y a autre chose : c'est le haut salaire ».

I. — L'influence des hauts salaires sur le développement du marché.

Le salaire minimum aux États-Unis est, en or, environ 5 fois notre salaire minimum. Le chiffre index général est un peu inférieur au double du chiffre index général en France. C'est dire que l'Américain le plus pauvre est deux fois et demie à trois fois plus riche que le plus pauvre Français. Le manœuvre américain dispose du pouvoir d'achat qu'a chez nous un chef de service dans une industrie moyenne, un ingénieur des Ponts et Chaussées, un bon médecin de province. Ainsi, les produits qui, en France, n'intéressent que le bourgeois déjà un peu aisé, se trouvent en Amérique à la portée du dernier des manœuvres. En Amérique, la moitié au moins des ouvriers ont leur appareil de T.S.F., leur téléphone, leur aspirateur de poussières, leur automobile. Ils auront prochainement leur machine frigorifique. *La superficie du confort, pour ainsi dire, est d'un pays à l'autre dans le rapport de la masse du peuple chez l'un à une part restreinte de la bourgeoisie chez l'autre.* Ainsi s'expliquent ces chiffres qui nous paraissent astronomiques.

Mais ici, la question se pose d'elle-même; comment un pays peut-il subsister avec de tels salaires? Lorsqu'on songe à l'effroi que suscite dans nos esprits toute menace

(1) Voir *L'Industrie Electrique*, du 25 janvier 1927, p. 55.

Digitized by Google

de hausse de salaires, on ne saurait se défendre de l'idée qu'un doublement des salaires en or doit constituer, partout, une catastrophe. Or l'Amérique ne vit pas dans la catastrophe. C'est que les hauts salaires portent en eux-mêmes leur contrepoison, *tout au moins pour un pays où l'ouvrier comprend qu'il a intérêt à produire beaucoup pour être bien payé.*

En effet, le développement du marché qui résulte des hauts salaires conduit à l'exécution de séries d'un ordre de grandeur tout différent des séries exécutées dans les pays à salaires bas, et cette extension détermine une réduction des prix de revient considérable, insoupçonnée. Il y a 15 ans, Ford vendait ses voitures 1 000 dollars. Son marché a décuplé. Il les vend aujourd'hui 500 dollars, et il gagne beaucoup plus. C'est que (tout le monde le sait ici) dans un travail mécanique par exemple, la préparation est presque tout, l'exécution proprement dite, presque rien. Un ouvrier qui fait toujours le même geste finit par le faire dix fois plus vite qu'à l'origine. Au fur et à mesure que la série augmente, non seulement il est possible d'obtenir de chaque ouvrier l'exécution plus rapide de sa tâche, mais aussi de diviser le travail de plus en plus et de simplifier ainsi de plus en plus le geste demandé. Et chaque fois qu'un geste peut être décomposé en deux autres, le temps total demandé par deux ouvriers qui en exécutent chacun une part est, l'expérience l'a toujours montré, très inférieure au temps total demandé par l'unique ouvrier chargé du geste complexe. Enfin, au fur et à mesure que la série augmente, elle justifie, elle paye un outillage de plus en plus coûteux qui se substitue à du travail humain. Ainsi il m'a été donné de constater récemment que, pour la fabrication de petites dynamos à raison de 50 par jour, je puis amortir raisonnablement un outillage qui me permet d'exécuter le travail en 9 heures d'ouvrier par machine. S'il s'agissait de faire 2000 machines par jour, je pourrais installer un outillage grâce auquel le travail serait exécuté en 1 heure, soit un gain de 89 pour 100 sur la quantité de main-d'œuvre dépensée.

L'admirable outillage américain a pour raison d'être la pratique des hauts salaires, non seulement parce que, comme on le croit souvent, l'outillage est *nécessaire* comme contre-partie de cette hausse, mais parce qu'il est rendu *possible* par l'amplitude du marché que les hauts salaires déterminent.

Mais, dira-t-on, ceci ne porte que sur la main-d'œuvre. La grande série réagit-elle d'une façon aussi puissante sur le prix de la matière première? On peut répondre : oui : la quantité de matière ne changera pas, mais son prix diminuera beaucoup, *à la condition que la grande série soit la règle dans le pays.*

II. — L'Amérique et les marchés extérieurs.

Cette habitude de la grande série permettra-t-elle aux États-Unis, d'entreprendre, avec les prix de revient dont elle leur confère le bénéfice, une concurrence qu'on doive redouter en Europe et particulièrement en France?

Après une judicieuse comparaison des prix, tenant compte de l'indice général mondial et des possibilités d'une « politique de l'or » autre que la politique américaine actuelle, M. Detœuf conclut que l'Amérique s'est contentée, jusqu'ici, de vivre sur elle-même confortablement, avec de hauts salaires. Les prix élevés qu'on y constate portent surtout sur le matériel et les services spéciaux; ils sont dus en partie à l'abondance de l'or. *L'Amérique sera en état d'attaquer puissamment les marchés extérieurs quand elle le désirera*, c'est-à-dire quand, s'étant dégagée d'une partie de son or, elle voudra bien entre-bâiller ses portes et faire un effort d'adaptation pour que ses grandes séries se répandent sur le monde. C'est une éventualité qui mérite notre réflexion.

III. — Conséquences possibles de la hausse des salaires en Europe.

Ensuite l'auteur se demande si la hausse des salaires, si favorable à la prospérité des Etats-Unis, peut créer en Europe, et particulièrement en France, un état de prospérité qui serait désirable.

Ce que nous montre l'exemple de l'Amérique, c'est que la hausse des salaires est un moyen d'accroître la puissance d'achat du pays sans que les prix de revient soient augmentés, au moins pour les marchandises de grande consommation. Mais ce moyen n'est efficace que si *deux conditions* se trouvent réalisées.

La *première condition*, c'est que la hausse des salaires n'ait pas pour effet de réduire la capacité de travail de l'ouvrier. Il n'est pas sûr que l'ouvrier français agisse à cet égard comme l'ouvrier américain, qui cherche à utiliser toutes les possibilités de gain qu'on lui offre. Il est fréquent, au contraire, de voir le Français limiter son effort dès qu'il estime avoir atteint la rémunération qu'il s'est fixée, la jugeant raisonnable. L'exemple de l'Angleterre, qui a des salaires relativement élevés, mais qui n'obtient de ses ouvriers qu'une production médiocre, à cause de l'état d'esprit et de la puissance de ses Trades Unions, est singulièrement instructif. La tendance des syndicats ouvriers français à limiter le rendement de l'ouvrier est, chez nous aussi, très préoccupante. Rien ne nous assure, dans l'état actuel des esprits, que la hausse des salaires conduirait à un accroissement de la production, partant, du pouvoir d'achat des ouvriers.

Il semble d'ailleurs, que les causes de la limitation de rendement de l'ouvrier en France soient très différentes de celles qui expliquent une limitation, d'ailleurs plus étroite, en Grande-Bretagne. Là-bas, c'est un phénomène à base sociale, un sentiment de solidarité entre ouvriers, qui croient, faussement, améliorer ainsi le sort de leur classe; chez nous, c'est un phénomène individualiste, basé sur la crainte de l'ouvrier d'être exploité par le patron et de perdre la considération de ses camarades : c'est la culture de ces deux sentiments qu'on trouve comme fondement de la propagande syndicaliste en France.

Digitized by Google

Et puis, le Français, malgré des apparences passagères, est peut-être resté économe; un pays économe ne développe pas son marché intérieur, il n'a pas besoin par conséquent de développer son outillage, et finit inéluctablement par placer son argent à l'étranger. C'est ce qui s'est produit chez nous avant la guerre. Peut-être a-t-on eu tort d'accuser notre système bancaire d'une orientation de nos placements de fonds, que déterminait nécessairement l'étroitesse de notre marché industriel. Il faut de l'économie, mais pas trop n'en faut. L'économie naturelle au Français peut être un obstacle à l'extension des marchés, donc à la baisse des prix de revient.

La *seconde condition* à réaliser, c'est que l'extension du marché, qui doit résulter de la hausse du pouvoir d'achat, comporte l'extension des séries — la standardisation. — Autrement dit, il ne faut pas qu'il y ait cinq fois plus d'espèces de produits fabriqués, mais une quantité cinq fois plus grande de chacune des espèces de produits. Or, le Français a une telle horreur de l'uniformité; il est, comme on dit, si individualiste, que l'idée de voir, comme en Amérique, tous les Français vêtus de la même façon, toutes les maisons françaises construites avec les mêmes matériaux et sur les mêmes plans, tous les moteurs électriques identiques, apparaît presque comme contradictoire avec elle-même. C'est là un risque qui ne doit pas être sous-estimé. Au surplus, ces observations générales ne s'appliquent qu'à la grande industrie. Les conséquences d'une forte hausse des salaires sur l'agriculture, sur les industries de luxe à qui nous devons aujourd'hui une forte part de nos exportations, seraient probablement très redoutables. Et sans doute est-ce avec raison qu'une hausse importante des salaires est considérée chez nous comme irréalisable. Je ne tirerai de ces observations qu'une conséquence : notre individualisme est un des éléments qui nous empêchent de payer plus nos ouvriers : c'est l'individualisme certain des ouvriers eux-mêmes qui s'oppose à leur confort, à un confort qu'ils n'apprécieraient sans doute pas, parce qu'il devrait être le même pour tous. *C'est peut-être notre individualisme qu'il faut craindre le plus dans la bataille pour notre relèvement financier.*

IV. — La normalisation aux États-Unis.

Abordant ensuite la question si intéressante de l'uniformisation, M. Detœuf montre que l'effort de réduire les types fait aux États-Unis est, en même temps qu'une condition de développement merveilleux du marché intérieur, un élément qui est bien loin de favoriser de même le développement rapide du marché extérieur : les États-Unis uniformisent, en effet, le matériel américain sur le pas américain, et non sur le pas international, ce qui est un obstacle certain à l'écoulement à l'étranger de nombre de machines pour lesquelles on ne peut trouver qu'en Amérique les recharges nécessaires.

En d'autres termes, il ne semble pas que les États-Unis aient, jusqu'ici, compris la condition *sine qua non* de l'exportation mondiale pour leurs fabrications, tant qu'ils ont pour catéchisme celui qui dicte à Ford les mots suivants rapportés par M. Detœuf : *Nous laisserons à nos clients toute latitude pour choisir la couleur de leurs voitures, à la condition qu'ils la veuillent noire.*

V. — Diverses formes de la solidarité américaine.

Nous avons déjà fait une allusion à la solidarité américaine, en commentant le mémoire de M. Imbs, lu devant la *Société Française des Electriciens*. Nous devons encore, avec M. Detœuf, célébrer cette solidarité et déplorer l'individualisme qui rendra si difficile la défense des intérêts français dans la bataille économique qui s'annonce comme certaine.

La solidarité américaine affecte de nombreuses formes, et presque toujours on constate qu'elle tend à grandir l'Amérique comme nation et comme famille, conformément à une notation très juste de M. Detœuf qui synthétise tous les chapitres de sa Conférence consacrés à la solidarité (solidarité locale, solidarité commerciale, solidarité de corps, solidarité professionnelle). « J'ai rencontré en Amérique, dit M. Detœuf, beaucoup d'hommes qui vantent leur maison, leur ville, leur pays; peu d'hommes qui se vantent eux-mêmes. »

Ici, c'est la *solidarité locale*, qui dans une ville de 100 000 habitants s'affirme, par la réunion, en quelques jours, de plus de 20 000 000 de francs destinés à l'Y. M. C. A. pour la construction d'une maison de société destinée à recevoir les jeunes gens et à leur assurer un confort suffisant pour une dépense modique, dans un milieu moral convenable.

On réunit les représentants des divers cultes, et aussi des libres-penseurs; on les persuade. On obtient de la principale usine l'engagement de payer le tiers de ce qui sera recueilli. On organise une campagne qui durera six jours. Deux cents personnes de bonne volonté, de toutes les situations, de toutes les confessions, de tous les âges s'y enrôlent. Chaque jour un déjeuner les réunira à midi pour rendre compte des résultats obtenus le jour précédent. Le cinquième jour, les 600 000 dollars sont recueillis, soit 200 fr par tête d'habitant.

Ici encore, c'est la *solidarité commerciale*, qui s'affirme entre deux constructeurs concurrents, dont l'un offre à l'autre la fourniture gratuite de tous dessins, études, qui lui permettront d'exécuter des installations à l'abri de toute critique, et dont l'autre accepte sans fausse vanité l'offre de son concurrent.

Là c'est le *solidarité de corps*, qui fait que des attributions vaguement définies pour les divers éléments d'un même service n'entraînent qu'un enchevêtrement des efforts, sans que ceux-ci cessent de constituer un faisceau solide pour une action commune et sans qu'il en résulte, à aucun moment, des jalousies ou des difficultés d'aucune sorte.

A ce propos, M. Detœuf se demande si cet esprit de solidarité n'est pas plus facile à pratiquer dans un pays

Digitized by Google

où l'or abonde et où la vie est facile, mais il constate que ces deux conditions favorables existaient en France avant la guerre, et d'après lui il semble plutôt qu'il s'agisse d'un caractère ethnique. Les Anglo-Saxons et les Germains ont gardé plus que nous l'esprit grégaire, l'esprit de tribu et de clan; c'est une part de leur force. L'Américain en a hérité, en les corrigeant peut-être par la *personnalité vigoureuse d'hommes expatriés partant énergiques.*

Là enfin, c'est la *solidarité professionnelle*, à laquelle l'Américain fait plus de part que nous, soit quand il nous accueille dans ses usines, soit quand il met ses problèmes industriels sous les yeux des professeurs et des étudiants américains : à l'Université de Harvard où existe depuis peu de temps une école d'affaires, on m'indiquait qu'un grand nombre d'industriels signalent à l'école les difficultés qu'ils rencontrent — difficultés commerciales et financières — et acceptent que les situations où ils se trouvent soient exposées et données comme problèmes aux élèves de l'Ecole.

Il y a de la grandeur dans cet effort pour éviter à d'autres ses propres épreuves. J'y vois une preuve de plus de ce sentiment général de solidarité; et n'ai-je pas raison de dire qu'il est différent de la discipline allemande.

VI. — L'organisation.

Aux États-Unis, il y a pléthore de personnel de gestion et d'administration. Avec des moyens mécaniques bien plus perfectionnés que les nôtres, un secteur électrique a, pour le même nombre d'abonnés, un personnel bien plus nombreux qu'un secteur français.

A circuler dans les bureaux, on constate ceci : Le *personnel à travail uniforme* travaille avec activité, grâce à des formules qui l'intéressent au rendement. Le *personnel à travail variable* — celui qui fait œuvre d'intelligence et d'imagination — paraît travailler fort peu.

La première impression du visiteur, est, dans un bureau américain, celle du gaspillage de forces, surtout lorsqu'on compare l'activité de ce bureau avec celle de l'atelier, où le rendement, par contre, semble énorme. M. Detœuf se demande à ce sujet s'il y a vraiment gaspillage d'organisation : d'abord, l'atelier travaille, et c'est le résultat d'une préparation soignée, minutieuse de son travail, préparation qui peut être suivie d'autant plus près, poussée d'autant plus loin que la série est plus importante. Si l'*activité apparente* des préparateurs est faible, leur *rendement réel*, qui se mesure dans l'atelier, est énorme.

De même, du point de vue commercial : aucune affaire qui ne soit suivie à fond, aucun client actuel ou éventuel qui ait à se plaindre de la lenteur; on a toujours le temps de s'occuper de tous. Quand on songe à l'influence que peut avoir sur les affaires d'une maison le mécontentement d'un seul client, on se dit qu'on paie rarement trop cher la satisfaction de tous. Et cette satisfaction n'est obtenue qu'avec un excès de personnel.

D'un autre côté, beaucoup de papiers, certes, mais toutes les questions importantes ou urgentes réglées par téléphone, en quelques mots. Le papier ne sert que de confirmation, de mémento. Des responsabilités un peu vagues, mais des hommes qui ne paraissent pas passer leur temps à se les jeter à la tête l'un de l'autre, qui se contentent d'une conversation et ne demandent pas à être couverts pour la moindre décision à prendre. Des contradictions qui se résolvent facilement parce que les services ne se dressent pas âprement, les uns contre les autres, pour maintenir l'orgueil de leur thèse.

Enfin, des chefs d'entreprises ou de services, qui, peu chargés de besogne, ayant à leur disposition tous les moyens de travail, ont le temps de réfléchir. La réflexion d'un homme intelligent, dans les affaires qu'il traite, a vite fait de gagner son traitement. Et le temps est peut-être plus nécessaire à la réflexion en Amérique qu'en France, parce qu'on y pense moins vite.

En France, l'étroitesse du marché nous condamne sans doute à donner à chacun un rôle complexe, multiple. Peu de temps demeure pour la réflexion. Malheureusement, la rapidité de la pensée ne suffit pas à remplacer la méditation. Contre tous ces inconvénients, l'industriel peut bien s'efforcer de lutter; mais il ne trouve jamais que des palliatifs plus ou moins efficaces.

VII. — Le Progrès.

La surabondance des hommes incorporés dans l'organisation américaine a pour effet un progrès incessant et rapide. L'ingénieur a le temps de penser au progrès. Cependant que chez nous, trop souvent le progrès s'accomplit sous la pression des événements, parce qu'un problème nouveau exige une solution urgente, ou parce qu'il a déjà été résolu par d'autres, ou parce qu'un chercheur imaginatif, comme nous en avons beaucoup, a par hasard rencontré une idée ingénieuse; là-bas, le progrès se fait parce qu'on y pense tout le temps. Le progrès est la base de l'industrie américaine. Ce marché considérable qu'elle s'est acquis s'épuiserait rapidement si l'idée du progrès n'était profondément ancrée dans le pays.

Pour maintenir son marché, l'Américain ne peut attendre que des besoins nouveaux naissent; il est dans l'obligation de créer lui-même ces besoins. C'est une chose admirable que de voir, dans l'organisation américaine, tout ce qui est consacré au progrès.

Les laboratoires de la General Electric C° lui coûtent annuellement une somme qui approche de cent trente millions de francs, peut-être dix fois plus que ce qui se dépense chaque année dans toutes nos facultés françaises. Et ces laboratoires, où Langmuir a pour la première fois réalisé le grand vide, où Steinmetz a fait tous ses travaux avec lequel Edison a collaboré, auxquels Elihu Thomson a consacré toute son existence de savant, où Coolidge a créé le tube à vide, où l'on a mis au point les lampes à filament de tungstène, où l'on vient d'étudier

Digitized by Google

systématiquement les vibrations des roues de turbines, où l'on vient de mettre au point le phonographe à inscription lumineuse sur film, où l'on réalise maintenant la soudure autogène de tous les métaux dans l'hydrogène atomique; ces laboratoires ne représentent qu'une partie de l'effort technique vers le progrès. La grande usine de Schenectady, avec ses 20000 ouvriers, est tout entière un grand laboratoire, où se préparent les évolutions de la technique électrique destinées à apparaître sur le marché dans 2 ans, dans 5 ans, dans 10 ans. Après 15 ans de travaux et 2 millions de dollars dépensés, M. Emmet vient enfin de rendre industrielle la turbine à mercure qui réduit de plus de 50 pour 100 la consommation de combustible dans les stations centrales thermiques. *J'ai vu réaliser là-bas une idée émise en* 1915 *par un ingénieur français M. Bunet, et qui consiste à faire tourner les alternateurs dans l'hydrogène, au lieu de les laisser tourner dans l'air. Le résultat est que l'alternateur fournit pour le même échauffement* 30 *pour* 100 *de puissance en plus, avec un rendement supérieur.*

Il a fallu dix ans et plusieurs centaines de milliers de dollars.

J'ai vu à l'étude, en préparation, la mise au point d'idées qui paraissent aujourd'hui révolutionnaires, qui soulèvent des problèmes techniques d'une incalculable difficulté, et qu'on ne peut envisager qu'à la condition de vouloir et de pouvoir y consacrer des années et des millions.

Certes, tout cela est possible, parce que l'Amérique est riche; mais tout cela est possible surtout parce que l'Amérique veut le progrès et a besoin de lui.

VIII. — Grande industrie et finances

L'organisation commerciale américaine s'emploie sans répit à imposer les progrès que la technique a réalisés. On agit sur l'inconscient par une publicité intense, massive, généralement simple, presque enfantine. On ne cherche pas à prouver les avantages d'un matériel ou d'un produit, à en détailler les mérites; on se borne à affirmer d'une façon persévérante qu'il est le meilleur, le seul qu'on doive achever. A tous les coins de rue, dans tous les journaux, dans toutes les voitures, de jour et de nuit, la même affirmation pèse sur l'individu, l'envahit, l'inhibe. Procédés qui, d'ailleurs, n'ont plus guère de nouveauté pour nous, parce qu'ils se sont peu à peu introduits en Europe, à la copie des États-Unis.

Mais on agit aussi sur le conscient, tout d'abord en acquérant la confiance du client. On se fait son conseil, son ami, son protecteur. Plus encore, on fait de lui son actionnaire. 40 pour 100 du capital des Sociétés de distribution d'électricité en Amérique sont entre les mains de leur clientèle directe. On est assez honnête pour le détourner, dans certains cas, du produit qu'on cherche à vendre, pour être mieux cru de lui quand on le lui recommande.

Allant encore plus loin que le propagande ci-dessus, l'organisation commerciale américaine n'attend jamais que le client s'aperçoive d'un besoin, on lui prouve que ce besoin existe, alors qu'il ne s'en doutait pas : *on crée matériellement le besoin.*

Pour développer la vente, non seulement on commence par des installations type établies à très bon compte, mais on va jusqu'à faire chez les clients des installations gratuites. On a, par exemple, employé en grand le procédé suivant : chez un particulier qui se croit bien éclairé, on obtient l'autorisation d'améliorer l'éclairage de la cuisine. On l'établit de façon rationnelle, mais en triplant l'intensité. Quelques jours après, la ménagère constate qu'elle ne voit plus rien dans le reste du logis. C'est maintenant pour elle une nécessité impérieuse de remplacer ses lampes par de plus puissantes ou d'en installer des nouvelles. Par de tels procédés, on arrive à obtenir du consommateur américain une demande triple de la demande qu'on obtient en France. Quand on revient d'Amérique, on s'aperçoit que nulle part en France on ne voit plus clair le soir.

A-t-on vraiment amélioré le bien-être général? Il n'est pas certain. On a seulement créé de nouveaux besoins, qu'on a satisfaits. On a en tout cas développé la consommation.

IX. — Confiance et crédit.

D'après l'observation de M. Detœuf l'Américain est plus confiant que le Français. Il ne croit pas savoir tant de choses, ne se considère pas comme omniscient, n'a pas tant de crainte d'être « roulé » ou d'être « poire ». C'est un autre aspect de la solidarité sociale. L'Américain marchande peu et peut ainsi exiger beaucoup. Au total, il fait un meilleur calcul que l'individualiste à tous crins. Ici encore, nous touchons à l'une des causes profondes — et c'est la même que tout à l'heure — de la grandeur industrielle de l'Amérique.

Sur la confiance qui règne si généralement aux États-Unis, on a bâti une *organisation de crédit* dont le développement surprend tout observateur et a surpris M. Detœuf. Dans la course au développement des ventes, écrit-il, même le vaste marché du peuple américain n'a pas suffi. L'argent qu'il possédait n'était pas assez abondant. Il a fallu — et nous découvrons maintenant une faiblesse — hypothéquer l'avenir, vendre à crédit. Si nous avons été trop économes, l'Américain l'est probablement trop peu. La vente à crédit fonctionne en Amérique sur une échelle immense. Presque tout est vendu à crédit. Sur les 7000 automobiles qui entrent chaque matin dans l'usine que j'ai visitée (1 automobile par 3 ouvriers ou ouvrières), on m'a affirmé que 700 au plus étaient payées. Les autres sont en cours de paiement; quand le paiement sera terminé, l'ouvrier, las de sa voiture déjà vieille, en achètera une autre, également à crédit. Non seulement l'automobile, mais les appareils de confort domestique, les appareils de T.S.F., les meubles, les

Digitized by Google

vêtements sont vendus à crédit. Il m'a été affirmé que le montant du crédit aux particuliers en Amérique, dépasse 10 milliards de dollars, environ 300 milliards de nos francs. Et le chiffre n'est pas invraisemblable, si l'on songe que la seule maison Ford vend la plupart de ses voitures à crédit, et qu'elle en vend à elle seule pour plus de 500 000 000 de dollars. Situation qu'on trouve là-bas bien dangereuse : qu'une crise industrielle commence, que du chômage intervienne, c'est l'écroulement progressif de tout ce crédit et de toute l'industrie qui l'a pour base.

On voit là, en quelque sorte, le revers de cette poussée constante vers l'intensification de la production, poussée que la vitesse acquise conduit peut-être trop loin. C'est ici une autre sorte de confiance, qui nous apparaît comme de l'imprévoyance; celle du peuple à qui tout réussit, dont les richesses et la grandeur ont été croissant sans cesse depuis plusieurs lustres et qui croit, naturellement, que l'avenir se règle sur le passé. Aucune voie n'est infinie, aucun développement n'est illimité. *Il faut, à certaines époques, changer de direction, pour se maintenir dans la sphère du possible.* Ainsi l'Allemagne chercha dans la guerre de 1914 ce changement de direction qu'un développement excessif de la production et du crédit avait rendu nécessaire. La situation de l'Amérique est loin d'être comparable à celle de l'Allemagne d'avant-guerre. L'Amérique n'a point d'excès de population; elle n'a pas basé, comme l'Allemagne, son économie nationale sur une exportation forcenée. Ses richesses naturelles sont plus importantes; mais on sent cependant qu'elle approche d'une saturation que seules des transformations radicales et incessantes dans la civilisation matérielle pourraient reculer indéfiniment.

A moins que l'Amérique, aidant au rétablissement de l'Europe par le règlement amical des dettes, se dégageant d'une partie de son or par des prêts à l'étranger, limitant son protectionnisme, ne se mette à chercher sur les marchés extérieurs les débouchés qui lui manquent. J'ai tout lieu de penser que telle est la transformation qu'on doit attendre. Elle n'ira pas sans crise. Mais la crise doit n'être que passagère, parce que, dans l'ensemble, l'organisme est sain.

X. — Les excès de la libre concurrence.

Déjà, constate M. Detœuf, l'Amérique a dû faire machine en arrière dans le domaine de la libre concurrence dont elle était si fière. Après avoir cru que la libre concurrence était le seul moyen d'obtenir une exploitation satisfaisante et économique des ports, des chemins de fer, des distributions d'énergie, elle a dû reconnaître qu'une liberté si étendue n'allait pas sans dommages pour l'économie nationale. On a constaté par exemple que l'excès du nombre des voies de chemins de fer concurrentes et leur totale indépendance avaient parfois de graves inconvénients : guerre de tarifs suscitant le développement d'industries normales, malsaines, accords avec les trusts, ayant pour effet de détruire l'industrie moyenne et de favoriser l'accaparement de certains marchés. On a dû en venir aux tarifs obligatoires; puis on s'est aperçu que l'application de ces tarifs devait être étroitement surveillée et qu'un contrôle permanent était nécessaire. L'intervention de l'État s'est imposée : la surveillance devient chaque jour plus étroite. Une évolution semblable s'est produite pour les ports maritimes. La libre concurrence entre propriétaires des diverses parties d'un même port a presque partout abouti à la constitution d'organismes incohérents, dans lesquels il est devenu nécessaire de mettre de l'ordre. Les grands trusts, résultat naturel de la libre concurrence dans un pays doué de l'esprit que nous avons essayé de définir, ont eux aussi suscité, il y a quelques années, une réaction violente, peut-être excessive au début, mais qui peu à peu s'est adaptée et finit par se résoudre en un contrôle modéré, mais cependant efficace. Au total cependant, et tout en évoluant lentement vers un accroissement de l'intervention de l'État, l'Américain reste antiétatiste.

En définitive, l'intervention de l'État, appuyée sur une administration dont le recrutement laisse beaucoup à désirer, s'exerce peu aux États-Unis à l'égard des industries qui sont dans un état de santé normal. Pour résumer d'un mot le rôle de l'étatisme : l'intervention de l'État est réduite à la chirurgie.

XI. — La démocratie sous diverses latitudes.

Après un éloge mérité des initiatives privées et de la solidarité sociale américaine, M. Detœuf oppose à la fiction de démocratie si chère aux Français la réalité de l'idée démocratique enracinée si profondément aux États-Unis. A côté d'une telle démocratie, la France apparaît comme un pays nettement aristocratique. De notre passé féodal, puis monarchique et, nous pouvons le reconnaître, de notre vanité naturelle, nous avons gardé l'amour des classes et des hiérarchies. Chacun veut un titre. On sait que la pratique de Ford est de ne donner dans ses usines de titre à personne. Chacun, ici, veut être au-dessus de quelque autre, consentant, pour cela, à être au-dessous de tel autre, et considérant ce second aspect de sa situation comme indéfiniment provisoire. Le concierge se sent au-dessus du boueux. L'ouvrier de spécialité au-dessus du concierge. L'employé au-dessus de l'ouvrier. L'ingénieur au-dessus de l'employé et ainsi de suite. L'Américain est plus simplement un homme, et n'ayant point constitué de classes, évite ainsi la lutte des classes. Il est vrai, que, en partie tout au moins, la distinction des classes est basée sur les habitudes et la culture. S'il existe en Amérique nombre de personnalités de haute valeur, si l'on y trouve beaucoup d'écrivains de talent, des savants qui comptent parmi les plus grands, il n'y a pratiquement pas encore aux États-Unis, sauf dans la nouvelle Angleterre, de classe vraiment cultivée.

A propos de la culture, il semble à M. Detœuf, que, dans les vieilles nations, la nature elle-même se soit

Digitized by Google

assouplie et civilisée, au sens vrai, au sens artistique, et que si les collines de Florence ont cette molle harmonie, la culture latine la leur a donnée. Rien, là-bas n'est plaisant à voir, n'est reposant à l'œil et doux à l'âme, sauf peut-être dans ce qu'on nomme les *Residential Quaters*, ces avenues bordées d'herbes menue et drue, très verte, où se dressent les cottages de bois. Vous les jugerez peut-être un peu *trop normalisés*; mais on y trouve toujours une terrasse bien exposée, entourée de petites colonnes doriques, en bois peint.

Les jardins, bien tenus, se touchent. Aucune clôture entre eux. Aucune clôture entre l'avenue et la maison. La vie de l'un est si voisine de la vie de l'autre que ni l'un ni l'autre n'éprouvent le besoin de conserver un coin secret. Et là encore il semble que la confiance règne et que la solidarité domine — dans un bien-être calme et un peu monotone. Heureuse simplicité, où j'ai trouvé une impression qui n'est pas loin de l'harmonie.

C'est par le confort que l'Amérique touche à l'art. La cuisine est peut-être la pièce la plus jolie d'un logis américain. On y trouve la clarté, l'aisance, une adaptation parfaite aux besoins. Quant à l'art désintéressé, il est en Europe. C'est ici que l'Américain vient le chercher, quand il en sent le besoin. Il le sent peu, mais *il éprouve parfaitement la douceur de vivre en France, et plusieurs m'ont répété la formule : « Faire de l'argent dans les Etats et finir sa vie en France ».*

L'évolution vers la culture se dessine d'ailleurs aux États-Unis et M. Detœuf conclut que l'Amérique deviendra de plus en plus un pays où il fait bon vivre, mais un pays qui peut-être perdra de sa puissance tout en nous ayant donné, de sa toute-puissance actuelle, des leçons profitables qu'on peut résumer comme suit : En attendant, l'Amérique nous montre où sont nos faiblesses.

Sans vouloir renoncer à tout ce qui est nous-mêmes, nous pouvons trouver aux États-Unis une orientation pour corriger l'excès de certains des défauts où nous nous complaisons. Pour conserver ce qui fait la vie douce en France, il faut que la France vive d'abord; il faut qu'elle fasse certains sacrifices à la loi d'airain du développement économique.

Moins d'individualisme, une acceptation, sinon enthousiaste, du moins volontaire, de maintes unifications, de maintes normalisations, une solidarité plus grande, un sentiment moins étroit de l'intérêt personnel, moins de craintes de charges immédiates que cause à l'industrie l'amélioration du sort du personnel, plus de largeur de vue dans l'organisation, plus de confiance dans les relations d'affaires, un peu moins de traditionalisme irraisonné, un peu plus de foi réfléchie dans l'effort pour en développer les possibilités.

Voilà ce que j'ai cru apprendre là-bas. Avais-je raison de dire que le point de vue moral est peut-être plus intéressant aux États-Unis que l'aspect matériel? Et, le disant, ai-je placé l'Américain à un niveau supérieur de l'humanité et déprécié notre pays? Je ne crois pas. Je crois seulement avoir dit ce qui fait sa force, et ce que nous aurions intérêt à prendre de lui, si nous le pouvons, en laissant un peu dans l'ombre, comme nous intéressant beaucoup moins, ce qu'il aurait eut intérêt à prendre chez nous.

Si j'en avais eu le temps, j'aurais pu montrer que les méthodes américaines sont loin de s'adapter telles quelles à notre pays; montrer combien le Français moyen est plus rapide dans ses conceptions, plus aisé dans ses réalisations, plus apte à faire beaucoup avec peu de moyens, moins gaspilleur de ses richesses et bien souvent plus audacieux; j'aurais pu montrer aussi que toutes les qualités, toutes les tendances que nous devons admirer chez l'Américain devaient inéluctablement dériver des conditions matérielles de formation de l'Amérique, de son peuple d'Européens généralement audacieux, puisque émigrés sans presque d'espoir de retour, de son unité de culture originelle, facteur bien plus important que la diversité des races, de son défaut de tradition, de ses richesses naturelles, de l'amplitude du pays, de besoin constant de main-d'œuvre qui est résulté de ces conditions, de la hausse des salaires qu'il a déterminée, de la standardisation à laquelle cette hausse a acculé l'industrie et à laquelle une population encore peu cultivée n'a guère résisté; enfin, de la guerre européenne qui, en abaissant l'Europe, a élevé l'Amérique.

J'aurais pu montrer que si, par bien des points, l'Amérique et la Russie se rapprochent, la différence essentielle entre elles, qui fait aujourd'hui de l'un le pays le plus riche et de l'autre le pays le plus pauvre du monde, est une différence de races : celle l'Européen à l'Asiatique.

Mais tel n'était pas son but.

Après avoir reconnu que les méthodes américaines s'adaptent à un pays, à un peuple encore fort différent du nôtre et que leur importation brutale chez nous serait une grave erreur, j'ai seulement cru observer qu'elles se trouvent aujourd'hui fondées sur des bases morales dont nous devrions faire effort pour nous rapprocher, si nous voulons vivre.

Et peut-être la grande révolution que la guerre a faite chez nous, en bouleversant les fonctions et les traditions, est-elle favorable à un tel rapprochement, si nous le voulons fermement, *mais avec la mesure qui est et doit rester la loi française.*

A. Z.

La reproduction des matières contenues dans L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE sans citation de ce journal est interdite.

Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus.

Digitized by Google

QUELQUES ASPECTS DE LA QUESTION DES APPELS SIMULTANÉS DANS UN MÊME CENTRAL EN TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE

(*Suite* [1])

III. — Résumé historique [2].

La place manquerait ici pour développer en détail les perfectionnements successifs apportés à la réception des appels téléphoniques simultanés; mais, le rappel de certaines améliorations présente de l'intérêt. La question se présente manifestement sous deux aspects : quantitativement, en ce qui concerne l'importance en nombre des appareils d'interconnexion nécessaires au maintien d'un trafic donné, et qualitativement, eu égard aux différentes méthodes choisies pour réaliser le maximum d'avantages.

a) *Quantitativement.* — Les publications de W. Lee Campbell sur la téléphonie automatique contiennent de nombreux résultats de ses études sur la capacité de trafic des commutateurs automatiques. Ils sont tirés surtout d'observations faites sur des appareils encore existant à l'heure actuelle, mais ne comportent pas d'indications sur la qualité de service auquel ils se rapportent.

La première de ses formules fut : $N = A + 2{,}8\sqrt[3]{A}$ où N représente le nombre de commutateurs nécessaires à l'écoulement de A unités de trafic. Ultérieurement, la constante fut portée de 2,8 jusqu'à 3,5. Cette formule offre une très grande analogie avec celles utilisées en téléphonie manuelle dont la plupart sont de la forme $N = A + K\sqrt{A}$ où K est une constante variant suivant les administrations intéressées. Toutes ces formules sont intéressantes, car elles comportent un terme A, représentant le nombre de commutateurs nécessaires pour un trafic rigoureusement uniforme, auquel s'ajoute un second terme représentant les commutateurs additionnels exigés par l'irrégularité du trafic et l'obligation de satisfaire, dans une mesure déterminée, les heures de pointe. Dans les formules de ce genre (Campbell et autres), ce terme variable prend d'autant moins d'importance que la densité de trafic augmente; car, en effet, l'expérience a montré que les pointes perdent d'autant plus de leur caractère que le trafic est élevé. La National Telephone Company exprime la relation précédente d'une toute autre façon par la formule : $A = 7N\left[1 + \frac{240}{N}\right]$ qui a été définitivement adoptée pour assurer un excellent trafic sur les groupes importants.

Autant que sa mémoire lui soit fidèle, l'auteur croit savoir que la première publication d'une étude théorique de la question a été faite en 1907 par M. W. H. Grinsted. Son résultat essentiel était que, pour une intensité de A unités de trafic, l'exacte probabilité de x appels simultanés est $e^{-A}\frac{A^x}{x!}$; on reconnaît ici la formule de distribution communément dite de Poisson. Il convient encore de citer comme pionniers de ce genre d'étude : MM. M. C. Rorty (1905) et E. C. Molina, Blood (1898). D'après M. Molina, si un groupe de x commutateurs est prévu pour écouler A unités de trafic la proportion de trafic perdu (qualité du service) est donné par $\int_{r=x}^{r=\infty} e^{-A}\frac{A^r}{r!}$. Cette expression constitue la base des réalisations actuelles, particulièrement aux États-Unis.

Outre ces promoteurs en la matière on cite encore : Spiecker, Lubberger, Langer et d'autres en Allemagne; Christiansen et Erlang au Danemark; Merker en Belgique; Milon en France; Lély en Hollande. La comparaison entre elles, de toutes les formules publiées à ce jour, conduit à la conclusion que les diverses théories diffèrent plutôt par leurs hypothèses de départ que par leurs analyses mathématiques. Les travaux d'Erlang s'appliquent tout particulièrement aux conditions générales de l'Angleterre.

D'après lui, en conservant la notation précédente, la proportion de trafic perdu est

$$\frac{\frac{A^r}{r!}}{\int_{r=0}^{r=x}\frac{A_x}{r!}},$$

La plupart de ces études sont basées sur l'hypothèse de l'accessibilité totale, correspondant au cas où un appel quelconque peut être aiguillé sur un commutateur ou circuit quelconque, à la seule condition qu'il soit inoccupé. Tous les commutateurs sont accessibles à tous les abonnés; leur capacité de trafic est donc maximum. Si les possibilités sont limitées, cette capacité baisse, en même temps que la qualité du service, car un appel peut très bien se produire sur un groupe dont tous les commutateurs sont déjà en prise, alors que des commutateurs d'un autre groupe, non accessible au demandeur, sont cependant libres.

Il a été dit précédemment qu'une unité de trafic est la quantité de trafic que peut écouler un connecteur constamment occupé. Ce maximum idéal ne peut évidemment jamais être atteint. Par contre le trafic fourni par un groupe de connecteurs jouissant de l'accessibilité totale représente un maximum théorique parfaitement réalisable, plus ou moins économiquement, selon les cas. Si, par exemple, un central comporte 500 premiers sélecteurs il est possible d imaginer chaque abonné relié à un présélecteur individuel, le reliant à l'un quelconque des 500 sélecteurs. La disposition la plus fréquente consiste à avoir des présélecteurs comportant des bancs à nombre de contacts réduit (10 ou 25 par exemple), et tels, que le nombre de premiers sélecteurs accessibles à

(1) Voir *L'Industrie électrique*, n° 854, du 25 mars 1917, p. 155.
(2) *The Journal of Institution of Electrical Engineers*, vol. 65, n° 362, février 1927.

Digitized by Google

un abonné quelconque soit considérablement réduit. Dans ces conditions, à trafic égal, le nombre des premiers sélecteurs doit être plus élevé, mais les présélecteurs sont moins chers.

b) *Qualitativement.* — Des travaux non moins importants ont été faits de ce côté.

L'un des principaux est la création des répartiteurs intermédiaires réalisant la connexion entre les organes portés par les différents bâtis. Ces répartiteurs, constitués par des fermes en bois, ou métalliques, comportent des plots de raccordement (souvent appelés réglettes à baïonnettes), recevant extérieurement les conducteurs venant des organes intéressés, et reliés intérieurement entre eux, d'une façon convenable, par des fils souples (dits « fils jarretières ») qui permettent d'effectuer toutes les permutations désirables entre les différentes jonctions possibles. Il s'ensuit une très grande souplesse d'adaptation de l'ensemble, mais aux dépens du prix de revient. Aussi a-t-on été conduit à chercher des solutions moyennes, ne généralisant pas à l'extrême l'emploi des répartiteurs intermédiaires, mais l'appliquant autant que les nécessités de chaque cas particulier peuvent l'exiger.

Il serait trop long d'entrer ici dans le détail des réalisations de ce genre.

IV. — La condition d'accessibilité totale.

La théorie d'Erlang, dont il a été parlé plus haut, conduit à des résultats d'expression facile, mais souvent pénibles à concrétiser. Les tableaux ci-contre I et II donnent le trafic moyen fourni par commutateur, pour différentes importances de groupes et qualités de service. Les courbes montrent nettement que la capacité de trafic moyen de chaque unité croît avec l'importance du groupe, et tend vers la limite supérieure de l'unité de trafic par commutateur pour un groupe infiniment grand. Le fait que ces courbes se ressemblent d'autant plus qu'elles se rapprochent de l'arc des ordonnées, confirme que les groupes importants supportent moins aisément les surcharges de trafic que les groupes de peu d'unités. A cet égard il est intéressant d'examiner les courbes (tableau II, figure 1) adoptées par le service téléphonique d'Angleterre. Les colonnes 2 et 3 du tableau II donnent la quantité de trafic supportée par des groupes dont l'importance figure dans la colonne 1, pour des qualités de service respectivement égales à 1/500 et 1/100. La colonne 4 correspond à la colonne 3 avec une surcharge de trafic de 10 pour 100. Pour s'adapter aux conditions d'une qualité de service normale, le trafic choisi pour chaque groupe, devra être exprimé par la plus faible des deux valeurs correspondantes des colonnes 2 et 4.

Ces valeurs sont identiques pour un groupe de 70 commutateurs.

Pour les groupes plus faibles la qualité de service 1/500 est plus difficile que celle de 1/100 avec accroissement d'intensité de trafic de 10 pour 100.

L'inverse a lieu, pour les groupes plus forts. Ces résultats, qui ne s'appliquent qu'au cas de l'accessibilité totale des organes, se retrouvent sur les courbes de la figure 1.

Tableau I.

Capacité de trafic moyen par commutateur pour des groupes de différentes importances. (Théorie d'Erlang.)

NOMBRE de commutateurs par groupe.	TRAFIC MOYEN PAR COMMUTATEUR pour des qualités de service de			
	1/100	1/200	1/500	1/1000
1	0.01	0.005	0.002	0.001
2	0.074	0.053	0.033	0.025
3	0 152	0.117	0.083	0.063
4	0.218	0.175	0 135	0.108
5	0.272	0.226	0.180	0.152
10	0.446	0.396	0.343	0.309
15	0.541	0.492	0.439	0.405
20	0.602	0.555	0.504	0.471
25	0.644	0.600	0.550	0.519
30	0.680	0.633	0.590	0.556
40	0.725	0.685	0.645	0.611
50	0.758	0.718	0.678	0.650
60	0.782	0.745	0.706	0.680
70	0.801	0.767	0.729	0.705
80	0.816	0.785	0.746	0.725
90	0.850	0.800	0 761	0.739
100	0.841	0.810	0.774	0.752

Tableau II.

Capacité de trafic moyen des commutateurs. (Théorie d'Erlang.)

NOMBRE de commutateurs.	QUALITÉS DE SERVICE DE		
	1/500	1/100	1/100 + 10 p. 100 d'accroissement de trafic.
1	0.002	0.01	0.009
2	0.065	0.155	0.159
3	0.25	0.455	0.414
4	0.55	0.870	0.791
5	0.90	1.56	1.24
10	3.43	4.46	4.05
15	6.58	8.41	7.57
20	10.07	12.05	10.9
24	13.01	15.5	13.8
25	13 76	16.1	14.6
30	17.7	20.4	18.5
40	25,7	29.0	26.4
50	33.9	37.9	34.5
60	42.4	46.9	42.6
70	51.0	56.1	51.0
80	59.7	65.5	59.4
90	68.5	74.7	67.8
100	77.4	84.1	76.4

V. — Problème de l'accessibilité limitée.

L'accessibilité totale n'est pratiquement jamais réalisée ; elle est limitée à une certaine proportion qui peut varier considérablement suivant les systèmes utilisés. Le problème revient à connecter de la meilleure façon possible les bancs des commutateurs d'un étage aux frotteurs de l'étage suivant. Dans la plupart des premiers centraux d'Amérique et d'Angleterre, les commutateurs d'une rangée étaient divisés en 2 groupes, contenant chacun un

Digitized by Google

nombre d'organes égal (en tout cas jamais supérieur) au nombre de contacts des bancs des commutateurs précédents. La figure 2 représente un groupe de 100 premiers sélecteurs, répartis de A à J, par rangées de 10,

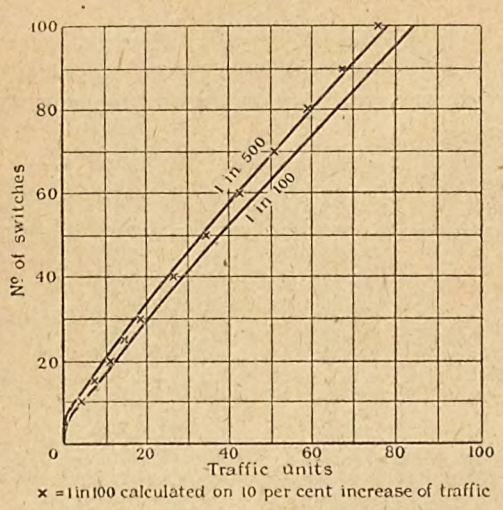


Fig. 1.

Capacité de trafic des groupes de commutateurs.

qui ne sont reliés qu'à 40 seconds sélecteurs, numérotés à droite. Ces seconds sélecteurs sont divisés en 4 groupes de 10 dont chacun est desservi par un certain nombre de premiers sélecteurs, déterminés une fois pour toutes. Cet arrangement manque de souplesse, et est, en outre, très onéreux. Si, par exemple, 40 seconds sélecteurs sont insuffisants pour maintenir la qualité de service exigée, et demandent une adjonction de deux organes supplémentaires, la difficulté devient évidente. Le nombre de seconds sélecteurs n'est plus un multiple de 10. Pour

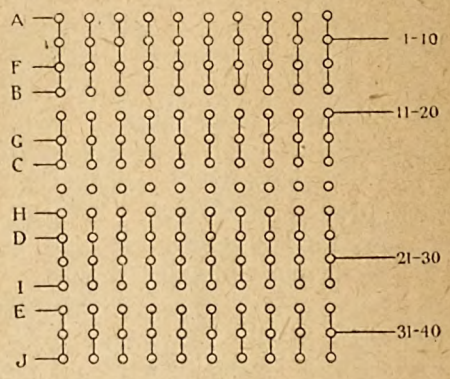


Fig. 2.

Dispositif de jonctions simple.

maintenir le trafic, toujours par la même méthode, il faut établir 4 groupes de 10 et 1 groupe de 2 dont la capacité totale sera de : $4 \times 3,45 + 0,065 = 13,79$ unités

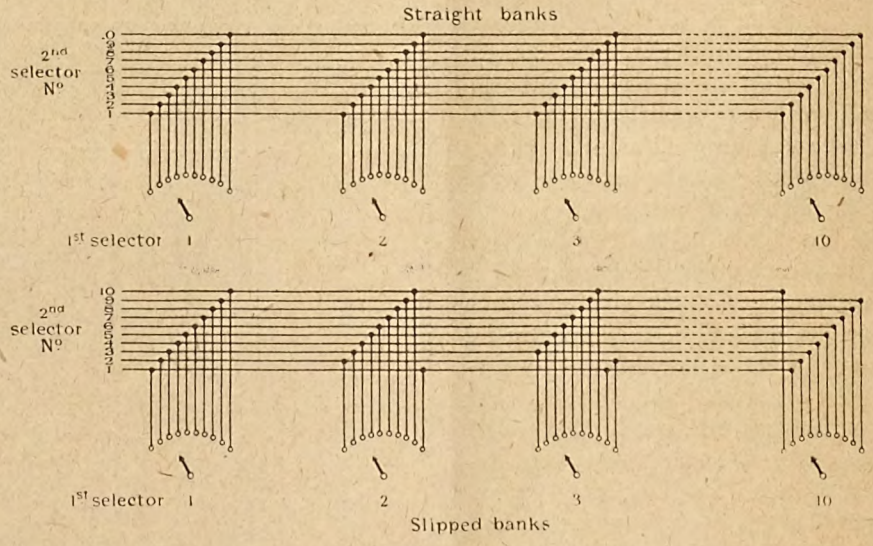


Fig. 3.

Bancs à câblage rectiligne (en haut) et bancs à câblage échelonné (en bas).

de trafic (voir tableau 2). Mais le travail des 2 organes complémentaires sera très inférieur à celui supporté par une seule rangée de premiers sélecteurs. Il est donc impossible d'assurer à ces 2 organes une charge raisonnable.

On pourrait croire plus avantageux de créer 5 groupes, par exemple : 3 groupes de 8, et 2 groupes de 9, dont la capacité totale de trafic serait de

$$3 \times 2,31 + 2 \times 2,85 = 12,63.$$

Mais on aboutit à un chiffre inférieur à celui du précédent arrangement. Une autre solution possible serait encore de créer 4 groupes de 9 et 1 de 8 donnant une capacité totale de

$$4 \times 2,85 + 2,31 = 13,71$$

équivalente à celle du premier arrangement.

En d'autres termes, le nombre d'organes supplémentaires nécessaires est proportionnellement supérieur à

Digitized by Google

l'augmentation de trafic qui les exige. Il est vrai que l'on améliorerait l'ensemble en rendant certains seconds sélecteurs communs à plus d'un groupe de premiers sélecteurs, de telle sorte que chacun de ceux-ci puisse atteindre 10 seconds sélecteurs au lieu de 8 ou 9 seulement. Cette disposition se rapproche alors de celles qui vont suivre.

Ce qui précède a été exposé en détails, car on pense volontiers que la souplesse des moyens d'interconnexion entre organes n'a pour but que la qualité du service. Bien que cette raison soit très forte par elle-même, il n'y a aucun doute, d'après ce qui vient d'être montré, que cette souplesse influe énormément sur le prix de revient des installations.

Mais ce n'est pas seulement du mode de jonction des organes entre eux que dépend l'amélioration de la commutation. Alors qu'en Europe, la téléphonie automatique était encore dans l'enfance, les bancs à contacts échelonnés faisaient leur apparition aux États-Unis. La figure 3 illustre la différence de deux méthodes alors en usage. Dans les bancs rectilignes (haut de la figure), chaque contact d'un commutateur est relié au contact du même ordre de chacun des 9 autres commutateurs du même groupe. Au contraire, dans les bancs échelonnés le contact 1 du commutateur n° 1 est relié au contact 10 du commutateur n° 2, au contact 9 du commutateur n° 3 et ainsi de suite. Les autres contacts sont multipliés similairement. En conséquence, le commutateur n° 1 essaye d'abord le circuit 1, le commutateur n° 2, le circuit 2, etc. Les principaux avantages de ce système sont : *a*) la réduction du temps de rotation de chaque organe pour trouver un circuit libre. *b*) La répartition à peu près égale de l'usure entre tous les commutateurs.

D'après Erlang, la méthode de commutation à accessibilité limitée la plus efficace, est que chaque appel choisisse ou essaie k du nombre total des sélecteurs, en chance pure, k étant la limite, ou le nombre des circuits que ce sélecteur peut toucher. Si, par exemple, à un niveau donné des 10 contacts des premiers sélecteurs, on peut toucher 45 seconds sélecteurs, tout appel provenant

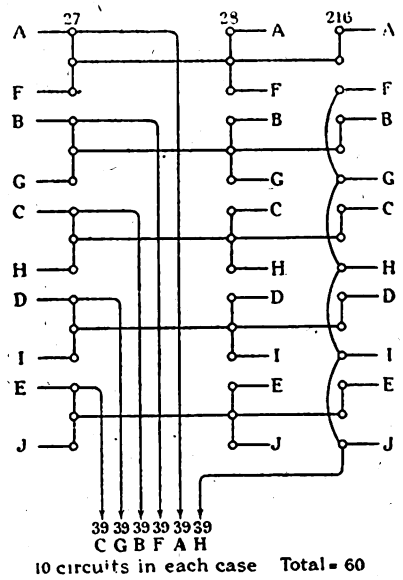


Fig. 4.

Câblage du 20e étage du Central de Leede avant modification.

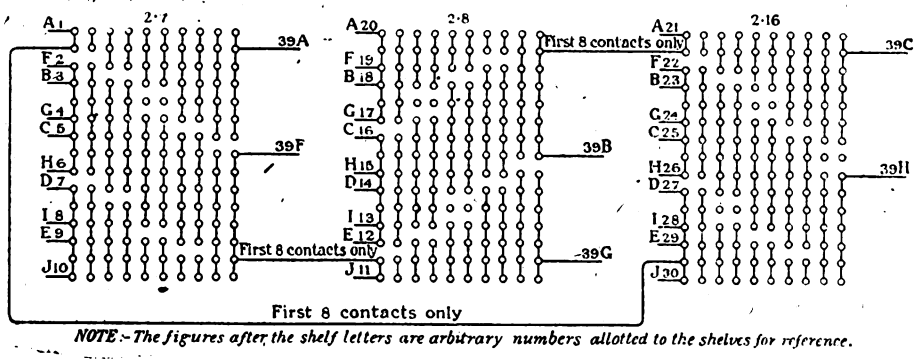


Fig. 5.

Câblage du 20e étage du Central de Leede après modification.

de ce niveau de premiers sélecteurs essayera les deuxièmes sélecteurs dans un ordre de chance pure, jusqu'à en trouver un de libre, ou les essayera tous sans succès, auquel cas, l'appel est à refaire. Il est évident que cette méthode n'est pas réalisable pratiquement. Lorsqu'un appel touche un permier sélecteur quelconque, les deuxièmes sélecteurs qui lui sont accessibles ne le sont pas par chance pure, mais d'après les possibilités du câblage. Mais, étant donné que la méthode d'Erlang, comparée aux autres, plus anciennes (fig. 2) conduit à une notable augmentation de trafic, on pensa qu'un rapprochement vers sa solution intégrale, constituerait déjà une amélioration importante. Un central, autrefois connecté suivant la figure 4, fut modifié suivant la figure 5. Dans la première, chaque cercle flanqué d'une lettre représente les 10 circuits du niveau intéressé par le sélecteur dont la lettre est l'indice. Le principe de la figure 5 est que chaque banc de deuxième sélecteur a accès à différents groupes de troisièmes sélecteurs.

Étant donné que les bancs de seconds sélecteurs sont

Digitized by Google

câblés en échelonnement, chacun d'eux attaque par un point différent les troisièmes sélecteurs accessibles. On espérait ainsi se rapprocher de la conception intégrale d'Erlang et obtenir un gain de trafic. Les résultats ne confirmèrent pas cette attente; le gain existait, mais hors de proportion avec la complication qu'il entraînait. Ce mode de raccordement n'a pas été poussé au delà de cette expérience.

Entre temps, apparut la méthode de câblage dite « progressive », dont le premier brevet remonte, suivant l'auteur, à 1913. (Siemens Brothers, n° 12566); la figure 6 est tirée de ce brevet ainsi que les deux paragraphes ci-dessous :

§ 1. — Dans les systèmes téléphoniques où un groupe de lignes est raccordé aux contacts de dispositifs sélecteurs, divisant en un ou plusieurs points un certain nombre des connexions, multipliant entre eux les contacts homologues de ces dispositifs sélecteurs et reliant à différentes lignes du groupe les ensembles de connexions de multiplage ainsi créés...

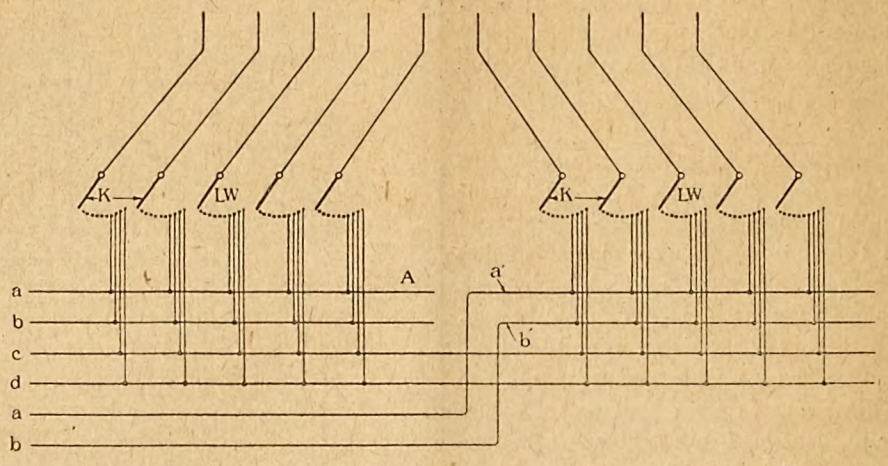


Fig. 6.
Câblage dit « progressif », Système Siemens Brothers

§ 2. — Dans un système téléphonique, établi suivant le § 1, l'arrangement par lequel les contacts multiples reliés aux ensembles de connexions sont les premiers

Fig. 7.
Principe du câblage échelonné.

touchés par les contacts mobiles des dispositifs sélecteurs.

L'idée du câblage « progressif » apparaît nettement ici.

Le principe de ce câblage est, en effet, d'attribuer un certain nombre de commutateurs individuels à l'un des groupes de commutateurs de l'étage précédent (choix d'ordre 1), et d'affecter des commutateurs communs aux autres groupes. On peut donc créer, de la sorte, des circuits individuels, partiellement communs, ou totalement communs entre groupes de deux étages consécutifs.

Il est clair que le câblage progressif, sous quelque forme qu'il soit, ne présente aucun avantage dans les centraux dont les sélecteurs sont à câblage échelonné. Si un commutateur doit être individuel à un groupe seulement des commutateurs de l'étage précédent, il constituera le choix d'ordre 1, ou, en tout cas, d'un ordre très immédiat.

Ce moyen ne peut être réalisé qu'avec les bancs à câblage rectiligne. Aujourd'hui où le câblage échelonné est adopté toujours plus, les commutateurs individuels perdent de leur intérêt.

En même temps que ces dernières recherches s'effectuaient, on essayait de préciser les avantages réels du câblage échelonné, en se demandant si l'opinion à cet égard n'était pas faussée.

Il conduit, ainsi qu'il a déjà été dit, à une usure plus uniforme des commutateurs; mais ce fait ne constitue pas par lui seul un avantage considérable; d'autre part, le temps moyen de la recherche est réduit; mais, comme les cadrans doivent être prévus pour le temps de recherche maximum possible, l'avantage de ce côté ne paraît pas non plus très sensible. Mais un retour sur une opinion établie, ne doit pas être fait à la légère. D'autres essais cependant conduisirent l'Angleterre à adopter, pour toutes ses installations ultérieures, le système à contacts rectilignes. L'échelonnement s'effectue alors par le mode de raccordement des organes entre eux. La figure 7 donne un schéma type de ce genre.

Digitized by Google

Les 10 lettres se rapportent à 10 groupes de sélecteurs d'un rang déterminé (le 1er par exemple), chaque groupe comportant 10 sélecteurs. Les traits horizontaux en regard de chaque lettre désignent les circuits issus d'un niveau déterminé des bancs du groupe.

Les chiffres représentent les sélecteurs de l'étage suivant (2es sélecteurs) auxquels sont raccordés les contacts des bancs.

On constate que les premiers contacts possèdent des seconds sélecteurs individuels alors que les derniers n'en ont que de communs. Les contacts intermédiaires ont des communautés partielles. Les 100 circuits de sortie des premiers sélecteurs sont donc concentrés sur 40 seconds sélecteurs. Le nombre indiqué de ces derniers organes est arbitraire et ne spécifie pas leur répartition rigoureuse. Ce schéma est du même style que celui de la figure 2.

Avant de pousser plus loin cette partie de notre étude, il peut être intéressant de donner les définitions exactes des mots : « jonction » (trunk); « interconnexion » (interconnecting); et « échelonnement» (grading), fournies par B. E. S. A. anglais :

Jonction. — En téléphonie automatique, circuit raccordant 2 organes de commutation d'un même central automatique.

Interconnexion. — En téléphonie automatique, toute méthode de raccordement des multiplages d'un même

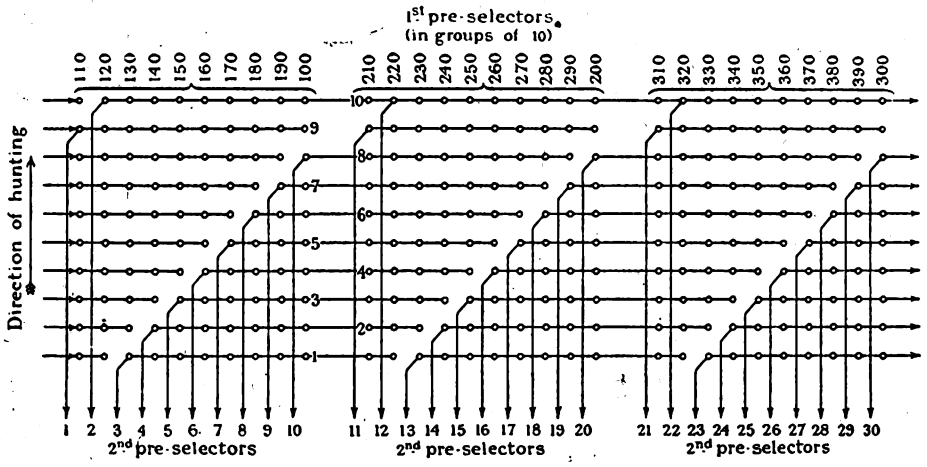


Fig. 8.

Système de câblage à jonctions communes sur rangées de contacts non adjacentes. (Brevet américain 1002388.)

niveau, de telle sorte que les jonctions entre diverses sections soient possibles dans un ordre différent.

Echelonnement. — En téléphonie automatique, méthode de raccordement des multiplages d'un même niveau de telle sorte qu'un groupe de commutateurs ait d'abord accès à des jonctions individuelles, puis, ensuite, accès à d'autres jonctions communes avec d'autres groupes.

Il ressort de ces définitions que l'interconnexion est la base générale des méthodes d'accessibilité limitée, dont l'échelonnement est un cas particulier.

Quoique le principe de l'échelonnement soit clairement indiqué sur la figure 7, une petite remarque montrera que les variétés de réalisation en sont nombreuses. Ce principe admis, il devenait nécessaire de rechercher le dispositif particulier assurant le meilleur rendement, et le trafic maximum qu'il pouvait fournir. Dans ce genre de recherches, celles de MM. Siemens Brothers furent, aux yeux de l'auteur, les plus importants. Elles servirent d'ailleurs de base à l'orientation des travaux du Post Office anglais en partant du schéma type de la figure 7 où les contacts individuels sont attaqués les premiers, et les contacts communs ensuite, ceux-ci n'appartenant qu'à des rangées de contacts adjacentes. Cette dernière particularité rend pratique la réalisation du système.

D'autres dispositifs du même principe furent proposés, dont les principaux sont :

a) Ceux à jonctions communes, sur rangées de contacts non adjacentes (brevet américain n° 1 002 388) utilisés par la Relay Automatic Telephone Co. Une réalisation de ce genre fut faite en Allemagne et exposée par Lubberger dans son ouvrage « Fernsprechanlagen mit Wählerbetrieb » (fig. 8).

b) Ceux où les jonctions individuelles ne sont pas attaquées en premier, et les jonctions communes en dernier lieu, mais dans un ordre plus complexe. (Applications en Allemagne.)

c) Ceux à échelonnement partiel et irrégulier. (Applications en Allemagne.)

d) Ceux dits « à échelonnement rationnel », tendant à égaliser le trafic moyen de tous les circuits. (Système Américain A. H. Adams). La complexité des schémas ne permet pas d'exposer ici en détail le fonctionnement de l'ensemble.

(*A suivre.*) J. M.

Digitized by Google

DOCUMENTS OFFICIELS

SECOURS A DONNER AUX PERSONNES VICTIMES D'ACCIDENTS ÉLECTRIQUES

Par décret en date du 25 janvier 1927, le Ministre des Travaux Publics a prescrit l'apposition d'affiches par les industriels utilisant l'énergie électrique. Voici la teneur de cet arrêté :

Art. 1er. — Des instructions sur les premiers soins à donner aux personnes victimes d'un contact accidentel avec des conducteurs électriques, conformes à l'un des modèles annexés au présent décret, devront être apposées par les soins des chefs d'industrie, directeurs ou gérants de distributions d'énergie électrique, dans des conditions suivantes :

Art. 2. — L'affiche n° 1 sera placardée dans un endroit apparent des locaux contenant des installations électriques.

Art. 3. — L'affiche n° 2 sera placardée à l'extérieur des locaux contenant des installations électriques.

Art. 4. — Le ministre de l'intérieur, le ministre des travaux publics, le ministre de l'agriculture, le ministre du commerce et de l'industrie sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française et inséré au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le 25 janvier 1927.

Affiche n° 1.

Avis important. — Les conseils ci-dessous s'adressent spécialement aux électriciens, cette affiche est destinée à être apposée exclusivement à **l'intérieur** des locaux contenant des installations électriques.

Instruction concernant les dangers présentés par les courants électriques.

Tout contact avec des conducteurs électriques en charge est dangereux.

Même si la tension de régime entre conducteurs est faible, comme c'est le cas des basses tensions utilisées pour l'éclairage domestique, un contact avec un sol conducteur, peut, dans des conditions spéciales, provoquer un accident mortel.

Ces conditions, quoique spéciales, ne sont pas exceptionnelles.

Pour qu'elles se réalisent, il suffit que la résistance normale du corps au passage du courant électrique diminue sensiblement et qu'en même temps se produise, à travers le corps, une dérivation à la terre.

Les mains moites, une forte transpiration, un sol humide, un contact direct avec des outils ou des pièces métalliques reliés à la terre, des robinets, des canalisations d'eau, de gaz, de vapeur, constituent un danger très sérieux à ce double point de vue.

Ne l'oubliez pas, tout particulièrement en maniant des lampes portatives, des outils ou des appareils électriques quelconques mobiles.

Prenez toujours vos précautions en vous isolant convenablement du sol.

Les installations électriques doivent être fréquemment vérifiées : c'est le moyen le plus sûr d'éviter les accidents.

Secours à donner aux personnes victimes d'un contact accidentel avec des conducteurs électriques.

Soustraire le plus rapidement possible la victime aux effets du courant en se conformant rigoureusement aux prescriptions ci-dessous indiquées pour ne pas s'exposer personnellement au danger.

Nota. — L'humidité rend le sauvetage particulièrement dangereux.

Dans tous les cas, prévenir un médecin.

Tensions au plus égales à : courant continu, 600 volts : courant alternatif simple, 250 volts ; courant alternatif triphasé, 250/450 volts.

Ecarter immédiatement le conducteur de la victime, en prenant la précaution de ne pas se mettre en contact direct ou par l'intermédiaire d'un objet métallique avec le conducteur sous tension.

Tensions supérieures aux précédentes (et au plus égales à : courant continu, 6000 volts ; courant alternatif simple, 6000 volts ; courant alternatif triphasé, 3500/6000 volts.

Tenter de supprimer le courant, mais, si la victime est suspendue, prévoir auparavant sa chute en préparant sur le sol : matelas, bottes de paille, etc.

Tant que le courant ne sera pas supprimé, n'entreprendre le sauvetage qu'en suivant des prescriptions suivantes :

Ecartement des fils. — Sans toucher la victime, écarter le fil avec un bâton, une canne ou un outil à manche isolant, à l'exclusion d'un parapluie ; ces objets ne doivent pas être humides.

Lorsque le fil est tombé sur le sol et touche la victime, se placer, si possible, sur un tabouret isolant (1) ou sur une chaise en bois sèche.

Déplacement et dégagement de la victime. — S'il est plus facile de déplacer la victime que d'écarter les fils, le faire en observant exactement les mêmes précautions.

Dans toutes ces opérations, éviter que le fil ne vienne toucher le visage ou d'autres parties nues du corps.

Tensions supérieures.

Courant continu : 6000 volts.
Courant alternatif simple : 6000 volts.
Courant alternatif triphasé : 3500/6000 volts.

Supérieur, le courant, sinon le sauvetage, sera toujours très dangereux.

Ne l'entreprendre alors qu'en respectant scrupuleusement les précautions suivantes :

Isoler le sauveteur à la fois du côté du courant et du côté de la terre ; n'employer que des outils à manches très isolants ou munis de poignées en porcelaine ou en verre ; dans tous les cas, se placer sur un tabouret très isolant.

Si la victime est suspendue, ne faire supprimer le courant qu'après avoir prévu sa chute.

Premiers soins à donner en attendant l'arrivée du médecin.

Donner à la victime, dès qu'elle a été soustraite aux effets du courant, les soins ci-après indiqués, même dans le cas où elle présenterait les apparences de la mort :

Transporter d'abord la victime dans un local aéré où on ne conservera qu'un petit nombre d'aides, trois ou quatre, les autres personnes étant écartées.

Desserrer les vêtements et s'efforcer, le plus rapidement possible, de rétablir la respiration et la circulation.

(1) « Tabouret isolant ». Se construit en disposant sur le sol des planches sur lesquelles on place des isolateurs ou, à défaut, des objets solides très isolants (bouteilles vides, bols en faïence, etc.), le tout est surmonté par de nouvelles planches aussi sèches que possible.

Digitized by Google

Pour rétablir la respiration, on doit avoir recours à la respiration artificielle.

Chercher concurrement à ramener la circulation, en frictionnant la surface du corps, en flagellant le tronc avec les mains ou avec des serviettes mouillées, en jetant de temps en temps de l'eau froide sur la figure, en faisant respirer de l'ammoniaque ou du vinaigre.

Les inhalations d'oxygène, quand on dispose de ce gaz, accélèrent le retour à la vie. Elles doivent être pratiquées par les voies respiratoires dans les conditions qui auront été prescrites par le médecin présent. Il est interdit de faire respirer ce gaz sous pression.

Méthode de la respiration artificielle (Schafer).

Coucher la victime sur le ventre, les bras étendus le long de la tête. Le sauveteur se place à genoux, à cheval sur la victime, de manière à pouvoir s'asseoir sur ses mollets; il étend les bras et pose les mains ouvertes sur le dos au niveau des dernières côtes, les pouces se touchant presque. Il appuie progressivement et de tout son poids sur le thorax de manière à provoquer l'expiration, puis il cesse de presser tout en laissant ses mains en place; l'inspiration se produit alors par l'élasticité des côtes et de l'abdomen. Le sauveteur recommence les mêmes pressions et continue ainsi à raison d'une quinzaine de pressions par minute, réglées sur sa propre respiration.

Ces mouvements doivent être répétés jusqu'au rétablissement de la respiration naturelle, rétablissement qui peut demander *plusienrs heures.*

N'abandonnez jamais un électrocuté sans avoir des signes certains de sa mort.

Affiche n° 2.

Avis important. — Les conseils ci-dessous s'adressent spécialement au public, cette affiche est destinée à être apposée à l'**extérieur** des locaux contenant des installations électriques.

Instruction concernant les dangers présentés par les courants électriques.

Tout contact avec des conducteurs électriques est dangereux et peut provoquer, dans des conditions spéciales, une électrocution.

Dans les caves, cuisines, salle de bains, dans les locaux dont le sol est humide ou bon conducteur de l'électricité, évitez l'usage des lampes portatives et, d'une manière générale, des appareils électriques mobiles.

Dans tous les cas, ayez toujours soin, dans ces locaux, avant de toucher un conducteur, une lampe, un appareil électrique, de vous isoler du sol par un tapis, un escabeau, un tabouret, une chaise de bois.

En prenant un conducteur, une lampe, un appareil électrique, faites attention à ne pas entrer en contact, en même temps, avec des pièces métalliques reliées à la terre, des robinets, des radiateurs, des canalisations d'eau, de gaz, de vapeur, ou encore avec l'eau d'un évier, d'un lavabo, d'une baignoire.

Secours à donner aux personnes victimes d'un contact accidentel avec des conducteurs électriques.

Soustraire le plus rapidement possible la victime aux effets du courant en se conformant rigoureusement aux prescriptions ci-dessous indiquées pour ne pas s'exposer personnellement au danger.

Nota. — L'humidité rend le sauvetage particulièrement dangereux.

1er Cas. — Accident survenu dans une installation particulière domestique par contact avec les fils, les fusibles, les interrupteurs ou les supports des lampes.

Ecarter immédiatement du courant la victime avec un bâton ou un linge sec, ou bien supprimer le courant au moyen de l'interrupteur général (noter que le plus souvent l'interrupteur particulier ne supprime pas complètement la tension). Si ces opérations sont impossibles, couper les fils conducteurs de part et d'autre de la victime, en s'entourant les mains avec des gants, des morceaux d'étoffe; ou en s'isolant de la terre, en se plaçant sur une chaise, par exemple.

Dans l'exécution de ces manœuvres sur les conducteurs électriques, opérer toujours avec une seul main.

2e Cas. — Accident survenu dans une distribution quelconque en dehors d'une installation particulière domestique par un contact avec un conducteur.

S'efforcer de faire supprimer le courant le plus rapidement possible; en prévenant l'usine par téléphone, ou, à défaut par un mode de locomotion rapide (automobiles, bicyclettes, etc., etc.). Si un agent de l'entreprise d'électricité se trouve à proximité, le prévenir en même temps.

Ne pas intervenir avant que la tension soit supprimée.

Pendant que cette opération s'effectue :

Ecarter la foule du lieu de l'accident (se méfier de la chute des fils),

Prévenir un médecin.

Si la victime est suspendue, amortir préventivement sa chute en disposant sur le sol : matelas, bottes de paille, etc.

Préparer les moyens d'atteindre la victime (cordes, échelles, etc.).

Dès que l'on sera avisé de l'arrêt du courant, écarter le fil de la victime, ou, si elle est suspendue, s'élever jusqu'à elle, la descendre sur le sol.

Premiers soins à donner en attendant l'arrivée du médecin.

Donner à la victime, dès qu'elle a été soustraite aux effets du courant, les soins ci-après indiqués, même dans le cas où elle présenterait les apparences de la mort.

Transporter d'abord la victime dans un local aéré où on ne conservera qu'un petit nombre d'aides, trois ou quatre, les autres personnes étant écartées.

Desserrer les vêtements et s'efforcer, le plus rapidement possible, de rétablir la respiration et la circulation.

Pour rétablir la respiration on doit avoir recours à la respiration artificielle,

Cherchez concurremment à ramener la circulation, en frictionnant la surface du corps ou flagellant le tronc avec les mains ou avec des serviettes mouillées, en jetant de temps en temps de l'eau froide sur la figure, en faisant respirer de l'ammoniaque ou du vinaigre.

Méthode de la respiration artificielle (Schafe

Coucher la victime sur le ventre, les bras étendus le long de la tête. Le sauveteur se place à genoux, à cheval sur la victime de manière à pouvoir s'asseoir sur ses mollets. Il étend les bras et pose les mains ouvertes sur le dos du sujet au niveau des dernières côtes, les pouces se touchant presque. Il appuie progressivement et de tout son poids sur le thorax de manière à provoquer l'expiration, puis il cesse de presser tout en laissant ses mains en place; l'inspiration se produit alors par l'élasticité des côtes et de l'abdomen. Le sauveteur recommence les mêmes pressions et continue ainsi à raison d'une quinzaine de pressions par minute, réglées sur sa propre respiration.

Ces mouvements doivent être répétés jusqu'au rétablissement de la respiration naturelle, rétablissement qui peut demander *plusieurs heures.*

N'abandonnez jamais un électrocuté sans avoir des signes certains de sa mort.

Vu pour être annexé au décret du 25 janvier 1927.

Le ministre des travaux publics.
André Tardieu.

Digitized by Google

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 14 mars 1927.

Contribution à l'étude de la matière fulminante. Celle-ci est elle chaude ou froide? par M. E. MATHIAS.

1. *Exemple d'une foudre sphérique « chaude ».* — Le 17 août 1867, vers 18 heures, pendant qu'à Rome il éclairait et pleuvait diluviennement, le fermier des sœurs de sainte Dorothée, sur le Janicule, vit un globe de feu passer entre les verges de fer qui ferment l'entrée postérieure dans le fond du jardin et parcourir, à petite distance du sol, toute l'allée longue de 90 m bordée de murs revêtus de plantes. Arrivé dans la cour, carré de 14 m de côté, le globe éclata horriblement à environ 5 m d'une statue de marbre de la Vierge, placée presque au centre. L'explosion dut se produire avec un grand épanchement de flammes, parce que, non seulement la cour, mais tout le vaste édifice jusqu'à la façade extérieure semblèrent envahis par un colossal incendie. Mme Frassinetti, qui fermait la fenêtre d'une façade éloignée et opposée à la cour, écrivait peu après : « J'ai vu un grand feu, *j'ai senti la chaleur.* » La sœur Elisabeth Tiberi qui, au rez-de-chaussée, était en face le point d'explosion, assura au professeur Galli que *le globe avait le diamètre d'environ 1 m, qu'il ne diffusait pas d'odeur*, ni ne donnait de secousse, *qu'on ne trouva aucun signe de dommage ou de brûlure sur la statue, sur les murs, sur les fenêtres, pas plus que sur les diverses plantes à fleurs et plantes fourragères au milieu et autour de la cour* (1).

Ce qui précède prouve qu'il s'agit d'une matière fulminante *pure*. En effet, elle n'a pas d'odeur et elle ne dégage ni vapeur d'eau, ni noir de fumée; on comprend qu'elle n'ait pas sali la statue de la Vierge. Par contre, elle donne la sensation de chaleur à grande distance.

L'absence de brûlure sur les plantes, dont la substance contient des masses énormes d'eau, peut provenir d'un effet de caléfaction; d'autre part, la forte détente des gaz qui explosent doit abaisser singulièrement leur température, et l'on ne doit pas s'étonner que le marbre de la statue n'ait subi de ce chef aucune altération.

2. *Autre exemple.* — Vers midi du 20 juillet, 1885, à Velletri près de Rome, avant que fussent commencées la pluie et la grêle, un globe rouge d'environ 15 cm de diamètre entra, par une fenêtre ouverte, au premier étage du palais Graziosi, aborda lentement à la joue gauche d'une jeune fille placée en face de cette fenêtre, retourna subitement en arrière et disparut sans tonnerre. La jeune fille reçut sur la joue seulement *un souffle chaud*, en demeurant éblouie et abasourdie; aucune secousse, aucune piqûre d'étincelle (2).

Comme précédemment, il s'agit d'une matière fulminante *pure*, sans odeur ni électrisation, et qui disparaît sans tonnerre.

3. Bien que la matière fulminante soit incandescente, ce n'est pas sans surprise que l'on voit dans la littérature scientifique des affirmations comme celle-ci : « Parfois, les éclairs en boule rayonnent une chaleur sensible, parfois, au contraire, aucune » (3).

(1) IGNAZIO GALLI, *Effetti dei Fulmini globulari sugli alberi e sulle erbe*, § 1, p. 2 et 3 (Estratto dalle *Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei*, 1re série, 31, 1915).

(2) IGNAZIO GALLI, *Gli effetti fisici e chimici dei Fulmini globulari*, § 5, p. 17-18 (Estratto dalle *Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei*, 30, 1912).

(3) C. DE JANS, *Coup d'œil rétrospectif sur les essais d'explication de la foudre globulaire*, Bruxelles, 1912, p. 8, Notes 4 et 5.

C'est dans le second cas que l'on a pu parler de globes « froids ».

Exemples de globes « froids ». — Le plus bel exemple est celui dont Babinet fit à l'Académie des Sciences un récit (1), qui figure aujourd'hui dans les Traités classiques (2) et qui se rapporte au tailleur de la rue Saint-Jacques, dans la chambre duquel le tonnerre en boule descendit pour remonter ensuite. « Après un assez fort coup de tonnerre,... cet ouvrier... vit tout à coup le châssis garni de papier qui fermait la cheminée s'abattre comme renversé par un coup de vent assez modéré, et un globe de feu gros comme la tête d'un enfant sortir tout doucement de la cheminée, et se promener lentement par la chambre à peu de hauteur au-dessus des briques du pavé.... Le globe de feu *était plutôt brillant et lumineux qu'il ne semblait chaud et enflammé, et l'ouvrier n'eut aucune sensation de chaleur*..... Le tonnerre, arrivé en haut de la cheminée... produisit *une explosion épouvantable* qui détruisit une partie du faîte de la cheminée. »

Autre exemple. — Le dimanche 19 août 1900, plusieurs personnes étaient réunies dans un salon du château du baron de France, à Maintenay (Pas-de-Calais), au moment où un violent orage éclatait sur le pays. Tout à coup, apparut, au milieu des onze personnes qui se trouvaient là, un globe de feu bleuâtre, gros comme une tête d'enfant, qui traversa assez lentement l'appartement, en effleurant quatre personnes sur son passage. Aucune d'elles ne fut blessée. Une explosion épouvantable retentit au moment où la boule électrique disparut par une porte ouverte devant la cage du grand escalier (C. FLAMMARION, *Les phénomènes de la Foudre*, Paris, Ernest Flammarion, p. 117).

Ce dernier cas montre bien qu'il s'agit d'une matière fulminante *impure*, qui a absorbé du soufre et des hydrates de carbone; comme elle explosa, elle était électrisée. La vapeur d'eau qu'elle émettait formait autour d'elle un vêtement collant maintenu par la pression électrostatique. *Cette couche de vapeur d'eau est un écran efficace contre le rayonnement calorifique de la matière fulminante.* Suivant l'épaisseur de cette couche, et toutes choses égales d'ailleurs, l'impression extrieure de chaleur peut être presque nulle, faible ou modérée.

Le globe de la rue Saint-Jacques ne contenait pas de soufre; pour pouvoir émettre de la vapeur d'eau, il lui suffisait d'avoir absorbé des particules végétales sèches, dénuées de protoplasma, et réduites à des hydrates de carbone.

On s'explique ainsi très simplement que l'on ait pu discuter et arriver à des conclusions absolument opposées, les uns voulant que la matière fulminante fût presque froide, tandis que, quand elle est pure, elle se comporte visiblement comme un corps incandescent qui rayonne d'une manière intense.

Sur un nouvel oxyde ferrique ferromagnétique, par M. RAYMOND CHEVALLIER.

Un Mémoire étendu de Hilpert (3) arrive à la conclusion que, pour aboutir à la forme ferromagnétique de Fe^2O^3, il faut partir du stade Fe^3O^4. L'auteur rapporte en particulier que si l'on oxyde de l'hydrate ferreux en milieu *neutre* par l'eau oxygénée, l'oxyde ferrique obtenu n'est pas ferromagnétique.

La présente Note montre que la complexité du phénomène est plus grande et que l'on peut fort bien obtenir un Fe^2O^3 ferromagnétique à partir de l'hydrate ferreux à condition d'opérer avec des solutions concentrées et en présence d'un excès de soude.

Dans toutes les expériences l'agent oxydant fut l'eau oxygé-

(1) *Comptes rendus*, 35, 1852, p. 1 à 3.

(2) JAMIN et BOUTY, *Cours de Physique*, 3e édition, 1, p. 320 et 321, Paris, Gauthier-Villars, 1881.

(3) *Ber. d. ch. Ges.*, 42, 1909, p. 2248.

Digitized by Google

née à 10 volumes environ. Les mesures magnétiques ont été faites par induction à l'aide d'un appareil décrit antérieurement (1).

Influence des concentrations et de l'excès de soude. — 1° Pour des concentrations données des solutions de soude et de sulfate ferreux, le moment spécifique pris dans un champ donné par l'oxyde ferrique croît d'abord rapidement avec l'excès de soude et tend bientôt vers une limite.

2° Pour un excès donné de soude, il croît constamment avec les concentrations des solutions utilisées.

Ainsi, à 25°, dans un champ constant de 260 gauss, en prenant comme unité la quantité de soude précipitant exactement l'hydrate ferreux, on obtient :

Na OH à 2^{mol} : Masse de Na OH	1.	2.	3.	4.	5.	6.
SO^4Fe à 1^{mol} par litre : Moment spécifique en C. G. S.	0.6	2,2	2,6	2.8	2,9	2.9

Avec une soude à 0^{mol},5, en quantité saturant exactement le sulfate ferreux, le moment ne dépasse pas 0,2 C. G. S., alors qu'avec une soude à 14^{mol} en grand excès et du sulfate ferreux à 1^{mol},5 on peut atteindre 8 à 9 C. G. S. Ces faits expliquent le résultat d'Hilpert.

Influence de la température. — Comme au cours de la réaction il y a un fort dégagement de chaleur, la température indiquée est celle du mélange à la fin de l'oxydation.

Voici, par exemple, le rôle de la température pour un oxyde formé à partir de SO^4Fe à 1^{mol} par litre, de Na OH à 10^{mol}, avec un excès 6 :

Température.	5°.	25°.	40°.	45°.	50°.	55°.	70°.
Moment spécifique en C. G. S.	1,7	4.1	6	6,6	6,9	5,7	2,3

C'est de 45° à 50° que les conditions de production sont optima. Au delà le magnétisme décroit rapidement, l'oxyde ferrique formé étant instable à 100°. De plus, à ces températures l'oxydation totale est difficile et l'oxyde Fe^2O^3 est toujours souillé de magnétite ou de FeO libre.

Degré d'oxydation. — Le dosage de la quantité d'eau oxygénée consommée par l'oxydation d'une masse comme d'hydrate ferreux a montré que le stade final est exactement Fe^2O^3.

Propriété magnétiques. Stabilité. — Ces résultats généraux étant atteints, j'ai préparé plusieurs échantillons de cet oxyde, séchés dans le vide pendant plusieurs semaines. Ceux désignés par 1 et 2 sont identiques à ceux préparés à 25° et 50° dans le paragraphe des températures. Le tableau suivant fournit les moments spécifiques en C. G. S. quand le champ croît de 0 à 200 gauss environ, puis revient à zéro. Nous avons mis dans ce même tableau comme termes de comparaison :

1° Un oxyde Fe^2O^3 du type Malaguti (1) obtenu par oxydation sèche de la magnétite à 400° (2). Nous l'appelons 3.

2° Un échantillon de Fe^3O^4 préparé en réduisant Fe^2O^3 par un mélange d'hydrogène et de vapeur d'eau.

NATURE du produit.	MASSE par unité de volume.		CHAMP EN GAUSS 0.	60.	120.	180.	CHAMP EXTRÊME
Fe^2O^3 1	1,06	aller	0	1,2	2,05	2,8	3,5 (260 gauss)
		retour	0	1,2	2,05	2,8	3,5
Fe^2O^3 2	0,855	aller	0	3,4	5,25	6,4	7,5 (250 gauss)
		retour	1	4,2	5,7	6,7	7,5
Fe^2O^3 3	0,645	aller	0	3	7,7	15,1	17,9 (228 gauss)
		retour	5	9,2	13	16,1	17,9
Fe^3O^4	1,43	aller	0	3	7,7	12,6	15,8 (195 gauss)
		retour	2,3	6,2	9,9	13,2	13,8

On remarquera combien les deux premiers oxydes se différencient du troisième. Le premier dans les conditions actuelles n'a pas d'hystérèse, tandis que l'oxyde de Malaguti en présente une considérable. De plus les courbes d'aimantation de 3 et Fe^3O4 tournent leur concavité vers le haut ; 1 et 2 la tournent vers le bas et un champ faible suffirait à amener la saturation.

Une autre différence réside dans la stabilité. Tandis que l'oxyde de Malaguti ne se détruit que vers 600°, l'oxyde 1 perd à 100° la moitié de son magnétisme en une heure, et en quelques minutes à 200°.

Etant donné l'influence des excès de soude, des concentrations et des températures, je crois qu'il faut attribuer le ferromagnétisme de cet oxyde ferrique, vraisemblablement colloïdal, à une structure micellaire particulière, plutôt qu'à une molécule polymérisée simple contenue en quantité variable dans ces oxydes.

Sur la propagation des ondes électromagnétiques autour de la Terre, par MM. Henri Gutton et Jean Clément.

Dans une Note précédente (2), nous avons décrit des expériences sur les propriétés diélectriques des gaz ionisés. Elles nous ont conduit à constater que les actions mutuelles entre les centres électrisés agissaient sur ceux-ci comme des forces quasi élastiques et déterminaient, par suite, l'existence d'une période d'oscillation moyenne des ions. Comme les actions mutuelles augmentent avec le nombre des ions, cette période doit être d'autant plus courte que le gaz est plus ionisé et dans un champ électromagnétique périodique des phénomènes de résonance peuvent se produire pour des fréquences d'autant plus grandes que l'ionisation est plus intense. En vue d'étudier ce dernier point, nous avons repris nos expériences en utilisant des ondes plus courtes.

Au lieu d'un résonateur de longueur d'onde 408,5 cm, nous avons utilisé un résonateur de longueur d'onde 217,5 cm. Il est constitué par deux lames de cuivre (12 × 4 cm), distantes de 4 cm, réunies par un fil de 48 cm de longueur au milieu duquel est intercalée une soudure thermoélectrique. Un tube de verre de 4 cm de diamètre, contenant de l'hydrogène à faible pression, est disposé dans le champ du condensateur formé par deux lames. Le gaz y est ionisé par des décharges. Le résonateur est couplé à un oscillateur dont on peut faire varier la fréquence des oscillations sans changer leur amplitude.

Nous déterminons encore, à pression constante et pour des ionisations croissantes du gaz, les intensités du courant dans le résonateur, lorsque l'oscillateur est accordé sur lui et les longueurs d'ondes correspondantes de ce résonateur. En portant en abscisses ces longueurs et en ordonnées les carrés

(1) *Bull. Soc. Ch.*, 4e série, 39, 1926, p. 711.
(2) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 441.

(1) *Comptes rendus*, 55, 1862, p. 550.
(2) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1473.

Digitized by Google

des courants, nous traçons des courbes pour diverses pressions comprises entre 0,011 et 1,3 mm de mercure. Nous leur trouvons des formes analogues à celles que nous avons déjà décrites.

Mais, pour des pressions égales, on trouve que l'ionisation, qui correspond à une résonance entre les oscillations des ions et celles du champ est beaucoup plus grande lorsque la fréquence de ces dernières est plus élevée.

Nous avons aussi constaté que la pression, à partir de laquelle on n'observe plus de diminution apparente de la constante diélectrique, est plus élevée. A la pression 0,011 mm, l'ionisation produit de très grandes variations de la constante diélectrique, puisque quoique le gaz ionisé n'occupe qu'une fraction de l'intervalle entre les lames du condensateur, la longueur d'onde du résonateur varie de 206,9 cm à 226,9 cm, la longueur d'onde sans ionisation étant 217,5 cm.

De l'existence de phénomènes de résonance dans un gaz ionisé et en tenant compte du fait que la période de résonance est d'autant plus longue que l'ionisation est plus faible, on peut tirer des conclusions relatives à la propagation des ondes autour de la Terre.

A l'ionisation des parties basses de la couche d'Heaveside correspond une fréquence moyenne d'oscillation des ions. Lorsque des ondes courtes s'y propagent, la fréquence du champ électromagnétique est supérieure à celle des oscillations des ions. Le courant de convection produit par les mouvements de ceux-ci est alors en opposition de phase avec le courant de déplacement et produit une diminution apparente de la constante diélectrique. Comme le prévoit la théorie de Eccles, des réflexions et des mirages renvoient les ondes vers le sol.

Pour les ondes plus longues, la période de résonance est atteinte. Le courant de convection devient en quadrature avec le courant de déplacement et ne produit plus de variation de la constante diélectrique ; il a la phase d'un courant de conduction et provoque une forte absorption des ondes.

Des ondes plus longues encore ont une fréquence inférieure à la fréquence de résonance; le courant de convection est alors en phase avec le courant de déplacement et produit une augmentation apparente de la constante diélectrique. Des phénomènes de mirage ne sont plus possibles, mais les ondes sont alors assez longues pour que la conductivité de l'eau de mer puisse assurer la propagation à grande distance, dans des conditions qui sont celles de la formule d'Austin.

De part et d'autre de la longueur d'onde pour laquelle il y a résonance dans le gaz ionisé, les phénomènes qui interviennent lors de la propagation des signaux radiotélégraphiques sont ainsi très différents.

Pour les fréquences voisines de la résonance, la transmission lointaine n'est pas assurée par la haute atmosphère qui absorbe les ondes. Celles-ci sont, d'autre part, trop courtes pour que la propagation le long du sol se fasse sans grand affaiblissement. On s'explique alors le fait souvent constaté, qu'il est des longueurs d'onde voisines de 200 m peu favorables aux liaisons sans fil. La réception des signaux sur ces longueurs d'onde est, d'autre part, irrégulière et sujette à d'importants évanouissements (1). Au voisinage de la résonance, en effet, de faibles changements d'ionisation produisent de très grandes variations de la phase des oscillations ioniques et, par suite, de fortes variations de la constante diélectrique.

Nos expériences ont été faites, en utilisant des ondes de 2 et de 4 m et de fortes ionisations. La fréquence des ondes de 200 m étant beaucoup moindre, l'ionisation qui correspond à la résonance est plus faible et peut être atteinte dans la haute atmosphère.

(1) MESNY, *L'Onde électrique*, 5, 1926, p. 449

Expériences sur la propagation des ondes radiotélégraphiques en altitude, par MM. P. IDRAC et R. BUREAU.

En vue d'étudier la propagation des ondes courtes en fonction de l'altitude à laquelle elles sont émises, nous avons étendu aux recherches sur la propagation de ces ondes la méthode des sondages aérologiques par ballons-sonde ; les expériences ont été faites à l'Observatoire de Trappes.

Les appareils sont suspendus à deux ballons en caoutchouc jumelés. A une certaine altitude, l'un des ballons éclate, l'autre joue le rôle de parachute à la descente et de signal à l'arrivée au sol pour retrouver les objets (1).

Le dispositif suspendu aux ballons comporte :

a, Une antenne verticale de 10,50 m portant à son extrémité inférieure le poste émetteur.

b. Le poste émetteur constitué par une hétérodyne, une batterie de piles sèches (20 v), un accumulateur (4 v, 3 amp-h) et un moulinet actionnant un manipulateur. La puissance-alimentation est de près de 4 watts.

c. Un contrepoids vertical de 10,50 m pendant sous le poste émetteur.

L'ensemble qui pourra être encore allégé pèse 2,700 kg. La force ascensionnelle restant disponible est de 2,300 kg, ce qui donne une vitesse verticale moyenne légèrement supérieure à 200 m à la minute. Cette vitesse à pu être vérifiée dans les sondages par la vitesse de manipulation, le moulinet, pour une altitude donnée, tournant d'autant plus vite que la vitesse verticale du ballon est plus grande (2). Les signaux transmis sont dissymétriques, ce qui permet de distinguer ceux qui sont émis pendant la montée de ceux qui sont émis pendant la descente du ballon, le moulinet tournant en sens inverse à la descente.

Après plusieurs séries d'essais préalables, soit au sol sur une antenne et une prise de terre ordinaires, soit en cerf-volant dans des conditions aussi voisines que possible de l'ascension définitive, deux sondages ont été effectués le 5 mars de 12 h à 14 h et le 7 mars de 10 h 25 m à 12 h 30 m, en vue de mettre la méthode entièrement au point. Les émissions faites sur une longueur d'onde d'environ 42 m, étaient écoutées par plusieurs postes météorologiques ainsi que par différents amateurs radiotélégraphistes français. Des émissions de même longueur d'onde furent assurées au sol avant l'ascension soit avec une puissance de 4 watts, soit avec une puissance de 90 watts. On pouvait ainsi comparer les conditions de propagation de l'onde émise au sol et de l'onde émise en l'air. L'expérience a montré qu'elles peuvent être totalement différentes : certains postes récepteurs ont entendu l'onde au sol sans entendre l'onde en l'air; d'autres ont entendu l'onde en l'air, mais non pas l'onde au sol. Ces différences dans la propagation des deux ondes ont été observées à faible (10 à 20 km) et à grande distance (500 km).

De nombreux postes ont pu suivre l'émission à la montée et à la descente avec certaines lacunes dont la cause ne pourra être déterminée que dans des expériences ultérieures (3). Les ballons du 8 mars, d'après la vitesse d'ascension obtenue et l'heure de renversement des signaux, ont atteint une altitude comprise entre 13 et 14 km. Ainsi fut probablement réalisée la première réception d'ondes émises dans la stratosphère.

(1) Ces ballons jumelés côte à côte, utilisés depuis quelque temps à Trappes, présentent l'avantage d'une grande stabilité et évitent les secousses de l'appareil qui se produisent avec la méthode habituelle des ballons en tandem.

(2) Ce procédé peut permettre, après étalonnage du moulinet, d'étudier la vitesse d'ascension du ballon par rapport à l'air.

(3) Les signaux ont été reçus en particulier à Trappes même, aux postes de l'Office National Météorologique à Saint-Cyr et Mourmelon, à Clamart (M. Colmant), à Ivry (M. Bottin), à la Réole (Gironde) (M. Casanave), à Mantallot (Côtes-du-Nord) (M. Jouffray).

Digitized by Google

Nous nous proposons maintenant d'entreprendre des séries de sondages analogues à différentes heures et diverses longueurs d'onde de manière à étudier systématiquement l'influence de l'altitude et celle de la structure de l'atmosphère sur la propagation des ondes.

Valeurs des éléments magnétiques à la Station du Val-Joyeux (Seine-et-Oise) au 1er janvier 1927, par MM. L. Eblé et J. Ité.

Les valeurs données ci-dessous, des éléments magnétiques au 1er janvier 1927, sont les moyennes de toutes les valeurs horaires relevées au magnétographe Mascart, pendant les mois de décembre 1926 et janvier 1927; elles résultent donc de 1488 lectures. Cette définition, que l'on adopte assez généralement pour les valeurs au 1er janvier, présente l'avantge d'éliminer d'une manière satisfaisante l'effet des perturbations magnétiques qui ont pu se produire aux environs de de cette date; au contraire, la définition conservée jusqu'ici, et qui admettait pour valeurs au 1er janvier les moyennes des 48 lectures horaires faites les 31 décembre et 1er janvier, laisse subsister un doute important lorsque ces journées ont été tant soit peu anormales, comme le cas s'est produit précisément au 1er janvier 1927.

La variation séculaire des différents éléments est déduite de la comparaison entre les valeurs actuelles et celles qui ont été calculées par le même procédé pour le 1er janvier 1926.

Valeurs absolues et variation séculaire des éléments magnétiques à la Station du Val-Joyeux.

(Latitude : 48°49'15"; longitude : 2°0'52" E. Gr.)

	VALEURS absolues pour l'époque 1927, 0.	VARIATION séculaire.
Déclinaison	11°37',9	— 12',1
Inclinaison	64°39',5	+ 0',8
Composante horizontale	0,19657	+ 0,00016
— verticale	0,41507	+ 0,00058
— Nord	0,19253	+ 0,00029
— Ouest	0,05965	— 0,00064
Force totale	0,45926	+ 0,00038

REVUE DE LA PRESSE

ÉCLAIRAGE

Répartition des températures le long d'un filament incandescent de tungstène chauffé électriquement dans le vide. — L'emploi des lampes étalons à filaments de tungstène dans un laboratoire de pyrométrie, a conduit MM. Ribaud et Nikitine à étudier théoriquement et expérimentalement la répartition des températures le long du filament (*Annales de physique*, janvier-Février 1927).

1. Les auteurs ont rassemblé toutes les données relatives au tungstène qui pouvaient leur être utiles. Nous pensons être utiles à nos lecteurs en les indiquant ici :

Résistivité. — La résistivité ρ du tungstène peut être représentée en fonction de la température absolue T par la relation

$$\rho = B T^{\beta}$$

avec :

$B = 6{,}46.10^{-5}$; $\beta = 1{,}200$. (Voir Tableau ci-contre.)

De la relation ci-dessus on déduit facilement :

$$\frac{d\rho}{\rho} = \beta \frac{dT}{T}.$$

Emissions totale du tungstène. — L'énergie totale σ émise par 1 cm² de la surface du métal ne peut pas se représenter, comme dans le cas du corps noir, par une expression de la forme $\sigma = A T^{\alpha}$; Worthing et Forsythe ont donné, pour représenter σ, une formule plus compliquée :

$$\log \sigma = 3{,}68 (\log T - 3{,}3) - \frac{1040}{T} + 1{,}9;$$

On trouvera les valeurs correspondantes de σ (en watts par centimètre carré) et de T (degrés Kelvin) dans le tableau ci-dessous.

Dans les calculs qui suivent, il est important de connaître, au voisinage d'une température T donnée, le rapport entre la variation relative de σ et la variation relative de T. Ce rapport α, donné par $\frac{d\sigma}{\sigma} = \alpha \frac{dT}{T}$, peut être calculé pour chaque valeur de T; il varie assez notablement (5,35 à 4,40) lorsqu'on passe de 1000° K à 3000° K. Le tableau ci-dessous donne les valeurs de ce rapport.

Conductibilité calorifique. — La conductibilité thermique K du tungstène peut être représentee très exactement par une formule linéaire :

$$K = K_m + C (T - T_m)$$

K_m représentant la conductibilité pour la température T_m et C_1 la variation relative de K en fonction de T ($C_1 = 5.10^{-4}$). (Voir tableau ci-dessous qui donne les valeurs les plus récentes de K.)

Valeurs de la résistivité électrique φ, de l'émission totale σ et de la conductibilité thermique K du tungstène en fonction de la température absolue T.

Température OK.	ρ microhms-cm.	σ watts/cm².	$\alpha = \frac{\frac{d\sigma}{\sigma}}{\frac{dT}{T}}$	K watts/cm degrés.
1000°	25,70	0,654	5,55	0,84
1200°	32,02	1,691	5,55	0,90
1400°	38,52	3,820	5,29	0,96
1600°	45,22	7,77	5,15	1,02
1800°	52,08	14,22	4,99	1,07
2000°	59,10	25,72	4,85	1,11
2200°	66,25	37,18	4,74	1,15
2400°	73,55	55,8	4,64	1,19
2600°	81,0	80,8	4,55	1,25
2800°	88,5	112,9	4,47	1,27
3000°	96,2	155,9	4,40	1,31

2. Les auteurs résument ensuite la théorie donnée par Worthing, fournissant la répartition des températures le long d'un filament incandescent, chauffé électriquement, et de longueur suffisante pour posséder en son centre une région de température uniforme (filament long).

Dans une seconde partie du travail, ils apportent à la théorie de Worthing deux corrections : l'une qui tient à la variation de la conductibilité thermique du tungstène en fonction de la température, l'autre qui tient compte de la forme exacte de la courbe de rayonnement que Worthing confond en première approximation avec une droite au voisinage de la température maximum du filament. Les deux corrections obtenues, de sens contraires, peuvent être calculées, elles sont en accord qualitatif et quantitatif avec les mesures antérieures de Worthing et avec celles indiquées par les auteurs à la fin de leur travail.

Une troisième partie du mémoire est consacrée à l'étude de la loi de répartition des températures dans un filament ne comportant pas de partie centrale à température uniforme (filament court); pour de tels filaments, la courbe de réparti-

Digitized by Google

tion affecte toujours la forme d'une chaînette. Une relation est également donnée permettant de calculer la température centrale d'un filament court en fonction de ses dimensions linéaires et de la valeur du courant qui l'alimente. A. B.

STATIONS CENTRALES

La sécurité de fonctionnement de la chaudière à très haute pression. (*E. T. Z.*, 10 février 1927, pages 180-181.) — Au cours de l'assemblée plénière de l'Union des Propriétaires de chaudières de grande puissance, tenue à Cassel le 17 septembre 1926, M. O. H. Hartmann fit, sur ce sujet, une remarquable conférence. Il se borna à traiter des chaudières fonctionnant à des pressions supérieures à 50 kg : cm² et indiqua les résultats obtenus également dans ce domaine par les firmes concurrentes qui l'en avaient prié. Les chaudières réalisant les conditions ci-dessus sont :

La première chaudière d'essai de Schmidt datant de 1910-1911 (60 kg : cm²) ;

la chaudière Atmos de l'ingénieur suédois Blomquist (60 à 100 kg : cm²) ;

la chaudière Schmidt-Borsig datant de 1923-1924 (60 kg : cm²) ;

la chaudière Löffler datant de fin 1924 (100 kg : cm²) ;

les chaudières des Centrales Électriques des Flandres (56 kg : cm²) ;

la chaudière de la Centrale de Wymouth, à Boston (84 kg : cm²) ;

la nouvelle chaudière Schmidt, à chauffage direct, de Wernigerode (60 kg : cm²) ;

la chaudière Atmos de la fabrique de machines de Südenburg (110 kg : cm²) ;

la chaudière Sulzer à tubes verticaux et à faisceau unique (110 kg : cm²) ;

le générateur Benzon des S. S. W. (225-110 kg : cm²).

En outre une chaudière tubulaire à très haute pression (60 kg : cm²) est construite pour l'Ecole d'enseignement technique supérieur de Hanovre et un générateur Benzon chauffé au charbon pulvérisé est en construction.

On est aujourd'hui parvenu à réaliser des caissons sans rivetage qui satisfont aux exigences les plus dures. Ces pièces doivent être à l'abri de la chaleur rayonnée par le foyer et du contact des gaz à haute température.

L'auteur parla ensuite du choix des dimensions des tubes et de l'exécution de leur raccordement. Au sujet des ruptures de tubes d'eau, il fit remarquer qu'il est nécessaire, dans ces chaudières à très haute pression, d'utiliser un volume d'eau aussi réduit que possible. Il indiqua les résultats obtenus avec les surchauffeurs de vapeur vive à très haute température et le mode de construction de ces appareils. En ce qui concerne le réchauffage par les gaz résultant de la combustion, l'auteur préconisa, comme solution la plus simple, un économiseur ordinaire en fonte prévu pour 10 à 20 kg : cm² et placé immédiatement derrière la chaudière. Les expériences faites sur la première chaudière d'essai de Schmidt furent communiquées, l'exécution du dernier faisceau tubulaire sous forme de réchauffeur indiquée et l'auteur montra un type de réchauffeur en acier forgé imaginé par lui. Il fut signalé que dans les réchauffeurs tubulaires à serpentins en acier forgé du type Dieterle nécessitent des vitesses d'eau supérieures à la vitesse critique.

Une chaudière pour très hautes pressions, à tubes d'eau, n'est utilisable qu'à la condition d'employer une eau d'alimentation parfaitement pure. En vue de la diminution du coût de la chaudière à très haute pression, un débit élevé par m² de surface de chauffe et un volume d'eau réduit sont à recommander : on arrive à tabler sur 300 kg de vapeur par m².

Les essais de Schmidt, tendant à la réalisation d'une chaudière tubulaire en serpentin ne consommant en eau que la quantité strictement nécessitée par le débit de vapeur, furent relatés et des résultats officiels constatés sur chaudière Atmos furent communiqués, de même que des essais faits sur générateur Benzon, sur chaudières Löffler et sur la nouvelle chaudière de sûreté Schmidt à très haute pression. L'auteur fit ressortir les avantages de ce dernier type par rapport à la chaudière à tubes d'eau et montra un projet d'une chaudière Schmidt prévue pour un débit de 28 000 kg : h, d'un volume d'eau relativement grand, mais dans laquelle n'est nécessaire qu'un tiers à un quart des raccordements exigés par une chaudière à tubes verticaux de même puissance : cette construction est indiquée partout où, pour réaliser une très grande puissance avec un poids déterminé de vapeur, de très hautes pressions de vapeur sont utilisées et où une grande quantité d'eau additionnelle d'alimentation est indispensable, ce qui se trouve être le cas des centrales travaillant avec contre-pression. Finalement l'auteur parla des appareils dont dépend la sécurité de fonctionnement des chaudières à très haute pression, niveaux d'eau, soupapes et clapets, ainsi que de l'exécution des brides et des joints. C. E.

Installations à haute pression dans les centrales électriques. (*E. T. Z.*, 6 janvier 1927, page 21, d'après *Mitt. V. El. W.*, t. 24, page 597.) — Au cours d'une réunion des directeurs des centrales électriques allemandes, on procéda à un échange d'opinions sur les chances de succès de l'élévation des pressions et température de la vapeur dans les centrales. De nouvelles installations de ce genre ne peuvent entrer en considération qu'en cas d'un fonctionnement d'au moins 2000 heures.

Il serait précieux, si cela est réalisable, d'utiliser la vapeur d'échappement quittant la centrale dans des réseaux lointains de chauffage, quelques difficultés qu'il puisse se présenter. Il y a lieu d'envisager des pressions de 35 à 40 kg : cm² ; il n'y a aucun intérêt à rester en dessous de ces limites, car la consommation de vapeur augmenterait ; malgré tout il ne faut pas penser à une économie en chaudières dès que la pression dépasse 25 kg : cm². Si une telle centrale fonctionne avec condensation, il faut prévoir une surchauffe intermédiaire pour que la vapeur à basse pression ne soit pas trop humide ; on arrive ainsi à compliquer l'installation, ce qui est actuellement inévitable. En ce qui concerne le chauffage au charbon pulvérisé, il faut remarquer que le choix du foyer dépend du prix du charbon rendu sur place ; si l'on dispose de charbon de première qualité faiblement grevé par les frais de transport, il peut être économique de conserver des foyers à grille mobile qui permettent d'obtenir des rendements déjà fort satisfaisants. A part les cas où on doit brûler des charbons maigres peu coûteux, il faut encore voir s'il y a lieu de donner de grandes dimensions à la chaudière ou s'il faut accorder une grande importance à un réglage économique de l'installation et, le cas échéant, à un réglage automatique, comme par exemple, dans les centrales de pointe.

La question des matériaux est très importante. Personne ne met en doute qu'il faut utiliser, pour les chaudières de pression supérieure à 25 kg : cm², des caissons soudés sans rivetage, ou laminés d'une pièce, car les rivetages de tôles des dimensions nécessaires ne peuvent être considérés comme donnant toute sécurité.

L'utilisation de tôles en acier au nickel est encore trop coûteuse, bien qu'en ce cas le rivetage serait encore possible. Pour les conduites de vapeur, il devrait pouvoir être envisagé de se passer d'acier au nickel ; les brides doivent évidemment avoir l'étanchéité du joint assurée par rodage des contacts. Il faut s'attendre encore à quelques difficultés avec les accessoires ; si l'on a déjà appris à éviter l'éclatement facile des verres de niveaux d'eau, on a encore beaucoup de peine à assurer une étanchéité durable des sièges des soupapes de sûreté. C. F.

L'Editeur-Gérant : A. LAHURE

94 522. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris. — 1927

Digitized by Google

36e Année. — N° 838. 25 Mai 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTEUR EN CHEF
ALFRED SOULIER
Le 2e vendredi de chaque mois de 15 h. à 16 h.

ABONNEMENTS
Paris et Départements : 30 francs par an.
Union postale : 40 francs par an.

ADMINISTRATION
9, rue de Fleurus, 9. — (Paris VIe)
TÉLÉPHONE
Ségur 04-23 et Ségur 04-44.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction au Rédacteur en Chef, 9, rue de Fleurus.

Pour toute demande de numéros de L'Industrie Électrique *on est prié de joindre, à la demande, le montant de l'envoi, en timbres-poste ou en mandat postal.*

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — Le fonctionnement, en surcharge, de transformateurs montés en série. — Développements hydro-électriques. — Les extensions téléphoniques aux États-Unis. — Nouvelle station radiotélégraphique d'aviation en Angleterre. — Nouveaux prolongements de la téléphonie transatlantique. — Importantes extensions radiotéléphoniques au Japon. — Nouveaux postes radiotéléphoniques ou radiotélégraphiques. — La construction turbo-générateur en Russie. — Un grand projet industriel Canadien. — Développements hydro-électriques européens. — Création d'une longue ligne de Tramway en Pologne. — Agencements téléphoniques spéciaux dans les chemins de fer souterrains de Londres. — Un nouveau procédé d'écrouissage du cuivre. — La Metropolitan-Vickers Cie en Russie. — Fabriques de tungstène en Russie. — Développements hydroélectriques au Canada. — Développement électriques en Europe. — Développements électriques au Japon. 217

RÉGULATEURS ACCÉLÉROMÉTRIQUES ET TACHY-ACCÉLÉROMÉTRIQUES. **Barbillion**. 221

LA NOUVELLE LÉGISLATION DES BREVETS DEVANT LE PARLEMENT. **A. Z.** 231

COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES. — Sur les Radiophares tournants, par M. **André Blondel**. — Sur les propriétés électriques de quelques proposés métalliques, par M. **André**. — Electrolyse des dissolutions aqueuses d'acide oxalique pur, par M. **E. Doumer**. 236

REVUE DE LA PRESSE. — *Stations centrales :* La vapeur dans les Centrales électriques. — *Questions théoriques* : Étude préparatoire d'une ligne aérienne à très haute tension. — *Traction électrique :* Locomotive électrique à moteur Diesel et boites de vitesses. — Electrification des chemins de fer suburbains de Sydney. — *Electrochimie* : La déposition électrique du caoutchouc. — *Divers :* Le développement de l'électricité dans les divers pays du monde. 239

INFORMATIONS

Le fonctionnement, en surcharge, de transformateurs montés eu série. (*World Power*, avril 1927.) — Le rapport de transformation de plusieurs transformateurs en série ne se maintient pas toujours constant sous l'effet des surcharges. Pour un transformateur ordinaire, ce rapport ne varie pas sensiblement pour des surcharges modérées, mais il croît au contraire très rapidement dès que les surcharges prennent de l'importance. Le phénomène est dû à un accroissement rapide du courant magnétisant du transformateur, le noyau se saturant, ainsi qu'à l'augmentation des réactances de fuite de l'enroulement secondaire, ce qui a pour effet de diminuer le facteur de puissance de l'énergie secondaire, et d'accroître la proportion de l'erreur.

MM. Edgcumbe et Ockenden, auteurs d'une étude sur les derniers perfectionnements apportés aux appareils de mesure à courant alternatif, estiment que le rapport de transformation peut être maintenu constant dans d'étroites limites de tolérance, pour des surcharges atteignant jusqu'à 100 pour 100 de la pleine charge normale du circuit primaire, lorsqu'il est nécessaire, comme pour des transformateurs munis de systèmes protecteurs différentiels automatiques.

Il convient de rappeler cependant que pour des surcharges de cette importance, la moindre variation, dans le rapport de transformation de deux transformateurs, donne lieu à des différences d'intensités considérables. Un moyen pratique d'assurer la protection contre cet état de choses serait de provoquer la saturation du fer, pour des surcharges modérées, et de maintenir constant le rapport de transformation dès cette saturation atteinte. L'emploi de relais à grande impédance entraînera l'inévitable différence d'intensité (dans les conditions de surcharge) du circuit secondaire, avec la proportion d'erreur la plus grande. Pour la commande des relais de surintensité on doit employer des transformateurs à fer saturé pour des faibles surcharges de l'intensité primaire; ce procédé est reconnu avantageux depuis longtemps, et il ne fait aucun doute qu'il est plus intéressant de provoquer la saturation dans le transformateur principal, plutôt que de prévoir un transformateur de compensation adjoint au relais.

J. M.

Digitized by Google

Développements hydro-électriques. (*The Eletrical Review*, 22 avril 1927.) — *Australie.* — Les travaux d'aménagement hydro-électriques du projet de Rubicon (Victoria) avancent à la satisfaction des intéressés; le canal principal est prêt d'être achevé. La construction des déversoirs sur les rivières Royston et Rubicon est en progrès et l'installation de la station centrale génératrice se poursuit; les fondations en sont terminées. Le réseau doit travailler en 1928, mais, dans l'état d'avancement actuel des travaux, on peut prévoir que les stations de plus faible puissances pourront commencer à débiter avant cette date.

Canada. — Une récente étude gouvernementale des ressources hydrauliques de Manitoba a révélé l'existence d'une puissance disponible, permanente, de 5000000 ch. La puissance installée jusqu'alors ne dépasse pas 225800 ch, avec extensions possibles jusqu'à 510000 ch.

Italie. — Le Gouvernement italien vient de réglementer l'importation ou l'exportation de l'énergie électrique, vis-à-vis de ses puissances étrangères limitrophes. L'une ou l'autre de ces opérations ne peut être entreprise sans une autorisation gouvernementale, qui, dans les cas les plus favorables, n'est accordée que pour 100 ans.

Indes. — La Compagnie des chemins de fer de l'Inde méridionale a accepté, moyennant certaines conditions, l'achat de 50 pour 100 de l'énergie qui lui est nécessaire, au réseau hydro-électrique de Pykara. Un comité, chargé par le gouvernement d'étudier la convention, a rendu un avis favorable.

Etats-Unis. — Certaines Compagnies de distribution du Texas auraient décidé d'étendre leurs lignes de transmission, au cours de cette année, de plus de 800 km, en ajoutant 75 villes à la liste de celles déjà alimentées. La Compagnie Texas Power and Light, négocie l'achat d'un barrage sur la rivière Colorado, à Austin, et se propose de consacrer 1000000 dollars dans sa remise en état, et dans celle de la station centrale qu'il alimente. Au cours de 1926, cette Compagnie a effectué la mise en service de la nouvelle station de Trinidad d'une capacité d'utilisation initiale de 50000 kw, et finale de 160000 kw.

La Compagnie Dallas Power and Light installe un groupe complémentaire de 25000 kw, et se propose d'importantes extensions de son réseau de transmission. Les Compagnies de distribution d'énergie électrique, au Texas, possèdent actuellement 7200 kw de lignes de transmission à haute tension, desservant plus de 550 villes et agglomérations réparties sur une surface couvrant la majeure partie de l'État. 55 stations centrales alimentent ce réseau d'une puissance totale approximative de 520000 ch. J. M.

Les extensions téléphoniques aux États-Unis. (*The Electrical Review*, 22 avril 1927.) — Le rapport annuel pour 1926 de la Compagnie American Telephone and Telegraph donne des chiffres qui montrent le développement extraordinaire qu'a subi l'emploi du téléphone au cours des récentes années. Au 31 décembre 1910 on comptait aux États-Unis un nombre total de 5882719 appareils téléphoniques, donnant lieu à une moyenne journalière de 22284010 appels; en décembre 1926, on compte 17574252 appareils demandant 52354854 communications par jour.

La valeur totale des installations est passée de 611000000 dollars, en 1910, à 2785000000 dollars en 1926; plus de 255000000 dollars ont été dépensés en 1926 sur les installations anciennes ou nouvelles. Il convient de noter qu'en même temps que le rayon d'action d'un poste téléphonique s'étend, son prix de revient s'élève; c'est ainsi qu'en Amérique, le prix d'un appareil qui était de 157,16 dollars en 1910, s'est élevé à 218,27 dollars en 1926. Remarquons que par « appareil téléphonique », on entend « service téléphonique ».

On comptait, en 1900, environ 10000 actionnaires, pour un revenu de 45000000 dollars; on en compte 400000 en 1926, pour un revenu de 844000000 dollars. J. M.

Nouvelle station radiotélégraphique d'aviation en Angleterre. (*The Electrical Review*, 8 avril 1927.) — Parmi les améliorations prévues au cours de la réorganisation de l'aéroport Anglais de Croydon, on compte l'aménagement d'une nouvelle station radiotélégraphique, qui sera confié aux soins de la Compagnie Marconi par ordre du Ministère de l'air. Ce poste remplacerait le matériel actuel ayant déjà assuré 7 années de service. Il comportera un groupe de 4 émetteurs de chacun de 5 kw de puissance, travaillant en liaison avec un récepteur radiogoniométrique. Les émetteurs pourront travailler en téléphonie et en ondes entretenues continues et ondes entretenues interrompues par la télégraphie sur toute la gamme de longueur d'ondes de 800 à 2000 m.

La constance des caractéristiques d'émissions sera assurée par des oscillateurs séparés. L'alimentation sera fournie par un groupe moteur-générateur commun dont le débit peut être dirigé à volonté sur l'un quelconque des émetteurs.

Le nouveau récepteur radiogoniométrique possède des dispositifs spéciaux lui assurant des caractéristiques très sélectives, en même temps que des filtres et amplificateurs. Il permet que deux ou plusieurs de ses circuits puissent travailler simultanément sur des longueurs d'ondes différentes pour la réception de téléphonie et de télégraphie sur les mêmes antennes.

Pour dégager complètement le terrain d'aviation, les systèmes d'antennes et les émetteurs seront installés à 4 ou 5 km de la piste, d'où ils seront commandés à distance par des moyens spéciaux. J. M.

Nouveaux prolongements de la téléphonie transatlantique (*The Electrical Review*, 8 avril 1927.) — La ligne téléphonique à grande distance entre Mexico et San Luis Potosi couvrant la moitié de la distance entre la capitale et la côte américaine est maintenant ouverte au public; on escompte l'exploitation de la seconde moitié du trajet pour le mois de septembre prochain. A la suite d'accords intervenus entre les Compagnies télégraphiques et téléphoniques de Mexico et d'Amérique, le privilège de la liaison téléphonique transatlantique avec Londres a été cédé au Mexique. J. M

Importantes extensions radiotéléphoniques au Japon. (*The Electrical Review*, 8 avril 1927.) — Une commande de l'Association japonaise de radiodiffusion à la Compagnie Marconi, concernant la fourniture par cette dernière de 5 émetteurs, marque une extension importante de la radiodiffusion au Japon. Chacun de ses émetteurs doit fournir une puissance dans l'antenne de 10 kw, ce qui est un chiffre déjà important.

L'un de ces postes sera probablement installé dans la capitale même, Tokio, et l'autre à Osaka, la plus grande ville japonaise.

L'attribution du troisième n'a pas encore été faite. Tokio sera la douzième capitale du monde possédant un émetteur du type Marconi.

On rapporte également que la Société des câbles et appareils téléphoniques aurait reçu des commandes d'équipements complets se rapportant à 5 stations de radiodiffusion, leurs studios respectifs et les machines auxiliaires. Ces stations doivent avoir une puissance de 5 kw. J. M.

Nouveaux postes radiotéléphoniques ou radiotélégraphiques. (*The Electrical Review*, 22 avril 1927.) — *Italie.* — On espère en Italie la publication d'un décret-loi instituant une nouvelle Compagnie concessionnaire des services radiotéléphoniques, avec un comité de surveillance à sa tête. Le décret fixera la composition du Conseil d'administration et les tarifs des artistes qui devront être presque exclusivement

Digitized by Google

Italiens. Cette Compagnie assurera en outre l'exécution des travaux suivants : Remplacement de la station actuelle de Milan par un nouveau poste de 7 kw; l'installation à Gênes d'un poste de 11,5 kw; à Rome, un autre de 25 kw; à Florence, Turin, Naples, et Bari, d'autres de 3 kw, et Palerme, un de 7 kw.

Le nouvel émetteur de Milan qui doit fournir 7 kw de puissance antenne est prêt d'être terminé.

La Commission du gouvernement, chargée de l'examen des finances de la radiodiffusion, a conclu à la recommandation au Gouvernement de n'imposer que de faibles taxes. L'opinion publique générale serait opposée, paraît-il, au versement de toute taxe ou impôt de licence.

Suède. — La nouvelle station d'émission de Motala, dont les essais avaient lieu déjà depuis quelque temps, a dû commencer à travailler régulièrement.

Finlande. — On se propose la construction d'un nouveau poste à Lahtis dont les travaux sont estimés à 200000 livres anglaises.

On ne compte actuellement en Finlande que 2 stations de radiodiffusion à Helsingfors, et 1 dans chacune des villes suivantes : Tammerfors, Bjorneborg, Lahtis, Jyvaskyla et Jakobstad. Les stations de Helsingfors appartiennent à l'armée, et celles des autres villes dépendent d'intérêts privés. Aucune d'elles ne possède d'appareils modernes de radiodiffusion, et il est souhaité que le poste en projet apporte une émulation, pour le plus grand bénéfice final du commerce de la vente des appareils récepteurs.

Nouvelle Zélande. — La ville de Wellington possédera très prochainement un nouvel émetteur de 5 kw. Les villes de Christchurch et d'Auckland possèdent de bons postes, mais Wellington et Dunedin ne disposaient toutes deux jusqu'alors que d'une très faible puissance. Le nombre des licences de réception atteint maintenant 13000, en Nouvelle-Zélande.

Pologne. — La Compagnie polonaise de radiodiffusion (Polestrie Radio) vient de décider la construction d'un émetteur de 10 kw à Katowice. Des commandes de matériel ont été passées à la Compagnie anglaise Standard Telephones and Cables, qui bénéficie des références qu'elle vient de se créer avec ses récentes fournitures pour l'Etat libre d'Islande, le Danemark, le Japon et la Nouvelle-Zélande. J. M.

La construction turbo-générateur en Russie. (*The Electrical Review*, 22 avril 1927.) — La Russie cherche actuellement à developper la construction des turbo-générateurs dans ses propres ateliers, pour ne plus avoir recours à l'étranger dans cette catégorie de fourniture. Les premières tentatives de ce genre ont eu lieu aux Ateliers de Elektrosil, de Leningrad où des groupes de 5000 kw ont été entrepris. On préparait en même temps l'exécution de groupes plus puissants (10000 kw) dont les plans étaient déjà terminés. Ces machines sont destinées aux stations centrales de Kieff, Novorossisk, Kizel, etc... Ces ateliers, qui appartiennent au Syndicat des industries électriques, prétendent avoir des commandes en main, pour la fourniture de 44 turbo-générateurs d'une puissance totalisée de 240000 kw. Ils attendent de l'étranger un nombre important de machines-outils qui faciliteront les travaux de leur nouvelle activité.

Les Ateliers métallurgiques de Léningrad s'étendent vers la fabrication des turbines thermiques. Ils ont entrepris, dans ce but, la construction d'un atelier spécial qui pourra recevoir 9 fois plus de commandes que l'atelier actuel (525000 kw par an).

En outre, les prix de revient seraient abaissés de 20 pour 100, par suite d'améliorations des aménagements. Les machines-outils seront surtout d'origine étrangère, et permettront de n'utiliser qu'une main-d'œuvre double de la quantité actuelle.

Les travaux généraux d'électrification et d'industrialisation créent certainement un accroissement de demandes pour les turbines thermiques.

Avant la guerre cette demande était presque négligeable; la puissance maximum demandée ne dépassait pas 1250 kw. De 1905 à 1914, les Ateliers métallurgiques susmentionnnés ne fournirent pas plus de 44 machines d'une puissance totalisée de 50000 kw. Cette branche d'industrie ne fut reprise que par ce seul groupement en 1921. De nouvelles machines furent entreprises en 1924; des turbines de 10000 kw sont actuellement en construction pour le syndicat des aciers du Sud. Cette puissance n'est d'ailleurs pas la limite supérieure des possibilités de ces usines qui étudient actuellement, pour le compte de l'Elektrotok, la fabrication de 2 unités de chacune 20000 kw.

Leur nouvelle fabrication ne concerne pas seulement les turbines à pressions normales, mais aussi celles à hautes pressions. C'est ainsi qu'ils doivent fournir, cette année, au Syndicat Textile Vladimir-Alexandroff, une machine travaillant à 50 kg : cm². Les ateliers Krasny Treugolnik ont également en commande une machine de 5500 kw sous 40 kg : cm².

La première partie des travaux d'aménagement des nouveaux ateliers sera terminée l'année prochaine; elle représente une dépense totale de 5800000 roubles. Ces ateliers comporteront 18 travées; ils compteront parmi les plus vastes d'Europe dans cette branche d'industrie. Trois travées furent terminées l'année dernière. Six autres le seront à la fin de l'année 1927 au cours de laquelle on compte également mettre en route un certain nombre des machines-outils attendues de l'étranger, et qui permettront de commencer à travailler aussitôt. La totalité de travaux ne sera pas terminée avant 1930-31, lorsque, suivant les informations du Syndicat général des Métaux, la demande annuelle pour les turbines atteindra 450000 kw, puissance que les ateliers en question seront alors capables de fournir par leurs propres moyens.

La reprise de cette industrie n'est pas seulement marquée à Léningrad. Le Syndicat des machines de Moscou évolue dans le même sens, mais particulièrement vers les turbines hydrauliques. Ils ont actuellement en commande 3 unités de ce genre, d'une puissance unitaire de 3600 ch pour le compte des Ateliers hydro-électriques Swiran. Ils pourront prochainement aborder la fabrication des unités de 10000 kw.

J. M.

Un grand projet industriel Canadien. (*The Electrical Review*, 8 avril 1927.) — Selon une information de l'agent général canadien, à Londres, quatre membres d'un syndicat industriel anglais seraient sur le point de partir au Canada étudier les possibilités d'exploitation industrielle de la région du lac Saint-Jean, avec un capital de 100000000 de livres.

Ces personnalités représentent des milieux bancaires, des chemins de fer, de métallurgie, et d'industrie électrique.

J. M.

Développements hydro-électriques européens. (*The Electical Review*, 8 avril 1927.) — *Espagne.* — L'exploitation des ressources hydrauliques de l'Espagne figurerait au premier plan des réformes générales envisagées dans la Péninsule.

On envisage l'installation de 1500000 ch pour lesquels des Compagnies suédoises soumettront très probablement des offres.

Suède. — La Korsnacs Saagverksaktiebolag a acheté aux Ateliers Avesta, sa part des chutes de Kraangedsforsen, sur la rivière Indal, représentant environ 200000 ch au total.

Italie. — La Societa Idroelettrica de l'Alto Tinavo procède à des travaux d'électrification devant assurer l'alimentation

Digitized by Google

en énergie électrique de la ville de Trieste, au régime de 180 millions hw-h par an. Elle établit dans ce but, 2 stations centrales hydro-électriques, l'une sur la rivière Recca, qui comportera 5 groupes turbo-générateurs type Pelton, de 15000 ch; l'autre, plus petite, sur la rivière Padez, qui comptera 3 groupes de chacun 1000 ch. J. M.

Création d'une longue ligne de tramway en Pologne. (*The Electrical Review*, 8 avril 1927.) – La construction de la première ligne de tramway à grande distance, mesurant 46 km de longueur, qui avait été entreprise pour relier Warsaw à Zyrardow, par les soins de la Compagnie financière de force et de traction (de Londres), est maintenant terminée. Le service d'exploitation commencera dès que le matériel roulant envoyé d'Angleterre sera parvenu en Pologne.
J. M.

Agencements téléphoniques spéciaux dans les chemins de fer souterrains de Londres. (*The Electrical Review*, 8 avril 1927.) — Des dispositifs de sécurité complémentaires seraient adjoints à ceux déjà existant, dans les chemins de fer métropolitains de Londres.

Il s'agirait de liaison téléphonique entre le conducteur et l'employé de service. Des expériences se poursuivent actuellement à ce sujet, dans le but de se rendre compte si ce nouveau moyen pouvait être efficacement utilisé pour annoncer aux voyageurs, de chaque voiture, les renseignements intéressants, la marche du train (directions, passage de gares sans arrêt, etc...).

Le but de la Compagnie est de réduire au minimum les manœuvres automatiques, et les interventions manuelles routinières du personnel, en les remplaçant par des appareils plus efficaces et plus perfectionnés confiés aux soins d'un personnel limité, mais plus éduqué.

Une modification du système actuel demanderait au moins deux à trois ans. J. M.

Un nouveau procédé d'écrouissage du cuivre. (*The Electrical Review*, 25 mars 1927.) — La découverte d'un nouveau procédé d'écrouissage du cuivre a été récemment annoncée à l'American Institute of Mining and Metallurgical Engineering. Son inventeur, M. G. Corson, ingénieur-conseil, exposa que ce résultat était obtenu par addition dans le métal de 5 p. 100 de nickel, et environ 1 pour 100 de silicium, l'alliage résultant étant chauffé à diverses températures élevées. Le même principe peut être appliqué à la fabrication du duralumin, et d'autres métaux durs. J. M.

La Metropolitan-Vickers C^ie^ en Russie. (*The Electrical Review*, 25 mars 1927.) — Le *Times* rapporte qu'un accord de cinq ans vient d'être conclu entre le Trust mécanique de Léningrad, et la Metropolitan-Vickers Electrical C^o^ Ltd, accord qui serait approuvé par les commissaires du peuple, des Soviets. Le Trust de Léningrad obtient accès à tous les laboratoires, bureaux d'études techniques et magasins de vente, de la grande compagnie anglaise, ainsi que le droit d'exploitation de ses brevets.

La Metropolitan-Vickers C^ie^ doit envoyer en Russie un certain nombre d'ingénieurs, de mécaniciens et de techniciens.
J. M.

Fabriques de tungstène en Russie. (*The Electrical Review*, 25 mars 1927.) — Dans le but de s'affranchir de la fourniture étrangère du tungstène nécessaire à la fabrication de ses lampes électriques, la Russie vient d'installer des ateliers spéciaux à cet usage, à Baskakow, où l'on débite environ 19000 m de fil de ce métal, par mois.

Les anciens ateliers Provodnik, de Léningrad, vont également être affectés à la fabrication du fil de tungstène.
J. M.

Développements hydroélectriques au Canada. (*The Electrical Review*, 25 mars 1927.) — Le service des Mines de l'Etat de Ontario donne quelques détails des installations hydroélectriques destinées à l'alimentation en énergie électrique des mines métalliques de l'Ontario du Nord. La première installation fut faite en 1905, et les extensions au cours de ces 20 dernières années représentent une moyenne annuelle de 6636 ch.

La compagnie du Northen Canada Power possède actuellement un excédent de 10000 ch qui sera très prochainement absorbé par les extensions des Mines de Rouyn, de la région de Québec.

Les 12 réseaux d'énergie électrique de l'Ontario du Nord possèdent maintenant une puissance installée de 131700 ch. La puissance totale absorbée par les mines atteint 83000 ch se répartissant ainsi : 46350 ch pour les mines d'or: 28850 ch pour les mines ne nickel et de cuivre; 7500 ch pour les mines d'argent. J. M.

Développement électrique en Europe. (*The Electrical Review*, 25 mars 1927.)

Allemagne. — L'Association des Usines d'Electricité de Berlin a publié un rapport montrant que les 388 stations centrales d'Allemagne ont fourni, en 1925, 12000000000 kw-h dont 61 pour 100 produits par les 24 plus grandes usines, avec un débit annuel individuel de plus de 100000000 kw-h.

Le Compagnie waggon und Maschinenbau Gesellschaft, de Corlitz, a terminé récemment la construction d'une turbine de 22000/27000 kw tournant à la vitesse de 3000 t : min sous un vide de 96 pour 100. Une des caractéristiques intéressante de cette machine est la séparation en 4 compartiments, sans subdivisions complémentaires, de sa partie à basse pression.

Cette compagnie construit actuellement une autre turbine à grande vitesse, d'une puissance de 50000 à 55000 kw travaillant sous un vide de 95 pour 100.

Italie. — Les travaux de construction d'une nouvelle station hydroélectrique, devant être la plus importante de son genre, en Europe, ont été commencés à Cardano. Cette station devant fournir un débit annuel de 500 millions kw-h sera alimentée par les eaux de la rivière Isarco, qui lui seront amenées par un tunnel de 15 km de longueur, et sous une hauteur de chute de 190 m.

Les provinces de Lombardie, de Venise et du Piémont seront alimentées par 5 groupes turbo-générateurs de 50000 ch.
J. M.

Développements électriques au Japon. (*The Electrical Review*, 25 mars 1927.) — Les travaux de construction d'une station centrale thermique à Tsurumi commenceront, très prochainement, par les soins de la Compagnie d'éclairage électrique de Tokio. Cette station doit avoir une capacité de débit de 70000 kw et coûter environ 15000000 yens.

Les chemins de fer du gouvernement impérial édifient actuellement une station centrale à Shinano-gawa, dont le prix total est estimé à 79210000 yens se répartissant ainsi : 62600000 pour les bâtiments et les machines de la centrale, 11100000 yens pour la ligne de transmission, et 5400000 yens pour les bâtiments et l'équipement de la sous-station. La première partie du projet doit être terminée en 1932, et la seconde de 1935. J. M.

Digitized by Google

RÉGULATEURS ACCÉLÉROMÉTRIQUES ET TACHY-ACCÉLÉROMÉTRIQUES

I. — Régulateurs accélérométriques (1).

Nous avons à notre disposition, semble-t-il, plusieurs modes de mise en évidence du phénomène critérium de l'accélération, et, par conséquent, d'emploi de détecteurs pour la réalisation de *régulateurs accélérométriques* réellement dignes de ce nom.

En réalité, ces moyens ne sont guère qu'au nombre de deux.

1° On *peut utiliser le déplacement*, sous l'effet de l'accélération, de *masses disposées dans des plans perpendiculaires* à l'axe du *système rotatif de révolution*, constitué par le tachymètre ou même par son arbre, la vitesse de ces organes étant proportionnelle à celle du groupe. Ces masses sont l'objet, dans leur plan, de déplacements relatifs provoqués par les changements de vitesse du

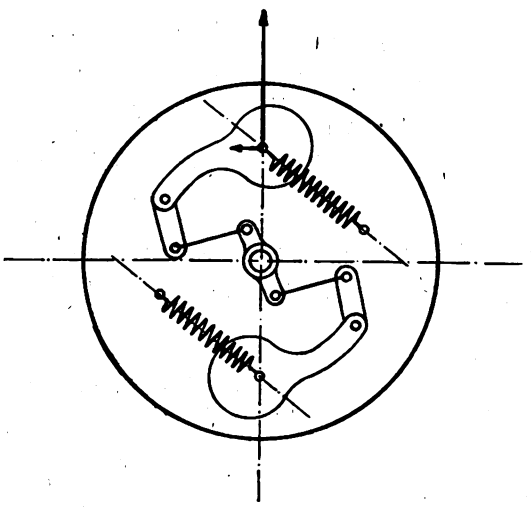


Fig. 1.

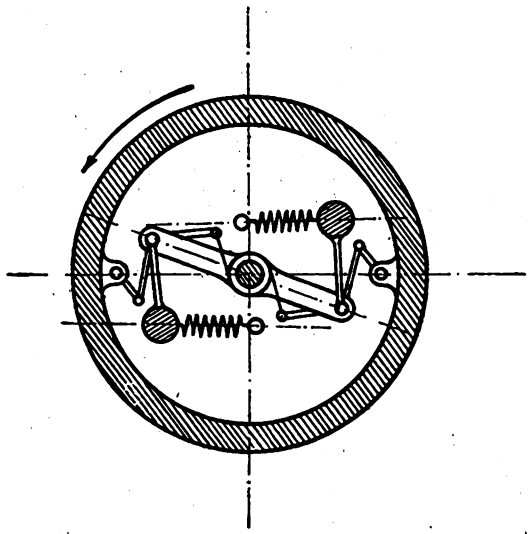


Fig. 2.

Régulateurs d'inertie.

système. Elles sont rappelées par ressorts vers des points fixes. Leurs déplacements sont utilisés et commandent la valve directement (régulateurs directs) ou indirectement la vanne (c'est-à-dire par l'intermédiaire d'un relais-régulateurs indirects), ou mieux le moteur de vannage.

On réalise ainsi un régulateur dit d'*inertie*, ou tout au moins un appareil se rattachant plus ou moins à la catégorie des régulateurs d'inertie purs, appareils trop connus pour que nous nous arrêtions à les décrire ici. Les schémas des figures 1 et 2 sont intuitifs à cet égard.

2° Une deuxième solution consiste à utiliser sur le *tachymètre même les variations de vitesse* de rotation du système. Ces variations sont traduites par une déformation du système en équilibre relatif constitué par les boules, le manchon et les bielles du tachymètre, ou par les organes qui en tiennent lieu.

La vitesse ascensionnelle, au cours d'une décharge du régulateur, ou du moins de son manchon, peut servir à mesurer l'accélération du groupe.

Le tachymètre étant supposé libre, il y a quasi-proportionnalité entre les variations de hauteur h' du manchon par rapport à un plan horizontal inférieur, et les variations relatives de la vitesse par rapport à la vitesse de départ. La courbe donnant les variations de vitesse du groupe, au cours de la perturbation, peut donc, à l'échelle près, donner aussi les variations de positions du tachymètre h' si celui-ci est libre, c'est-à-dire si les positions qu'il a à chaque instant sont celles déduites de sa position d'équilibre relatif (fig. 3).

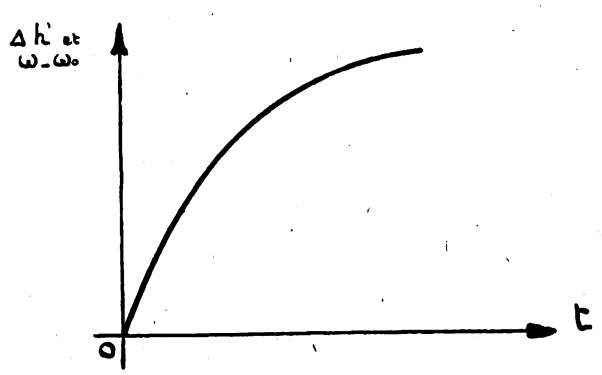


Fig. 3.

A. Régulateurs d'inertie. — En ce qui concerne la première solution (régulateurs d'inertie ou succédanés), il y a lieu de noter de nombreuses difficultés.

Comme l'ont fait remarquer de nombreux auteurs parmi lesquels et tout récemment encore, en particulier le dernier, M. Volet, ingénieur aux Ateliers des Charmilles, à Genève, dans l'étude qu'il a publiée le 19 juin

(1) Voir notre étude dans *L'Industrie électrique*, n° 814 du 25 mai 1926, p, 221, sur les « Régulateurs accélérométriques ».

Digitized by Google

1926, dans le *Bulletin Technique de la Suisse Romande*, dans de tels appareils l'*accélération centrifuge* est considérable par rapport à l'*accélération tangentielle*. La première dépasse souvent 300 m : sec², alors que la deuxième n'est que de l'ordre de 10 et même 7 ou 8 m : sec². L'une est donc 40 fois plus forte que l'autre. C'est dire à quel point ces appareils méritent peu le nom de *régulateurs à action mixte*.

La mise en évidence d'un effet-accélération propre dans de tels appareils, constitue, par suite, un leurre. Signalons le peu de sensibilité qui découle de leur construction, l'effet accélération venant, en somme, paralyser, plutôt que seconder, l'effet variable de vitesse.

B. **Régulateurs utilisant l'accélération du manchon du tachymètre.** — L'utilisation de la vitesse

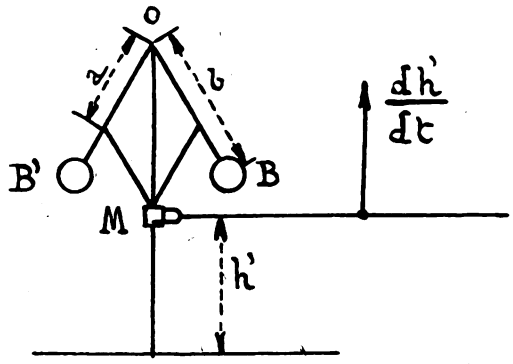


Fig. 4.
Utilisation de l'accélération du manchon.

ascensionnelle du tachymètre, pour mettre en évidence l'accélération, ne souffre pas moins de difficultés (fig. 4).

On sait déjà que, dans le mode habituel de régulation indirecte, avec commande du vannage par un moteur extérieur, le tachymètre, après avoir mis en route, par son déplacement même, le moteur, ne tarde pas à être lui-même bloqué par le mécanisme correcteur d'admission. Sa plage de fonctionnement est ainsi limitée (fig. 5).

Le graphique de la figure 6 renseigne à cet égard Si l'on suppose qu'une perturbation se produise sous forme de décharge totale du système marchant jusque-là à pleine puissance, le tachymètre provoquera, dans sa course l'embrayage du moteur de vannage à partir de la vitesse *ef*, dite d' « embrayage de fermeture ». Puis quand la vitesse après son maximum repassera par la vitesse de débrayage de fermeture, le tachymètre sera de nouveau sensibilisé et le débrayage du moteur de vannage aura lieu. Le même graphique donne les variations concomitantes de l'admission. On voit que la vanne oscille de part et d'autre de sa position correspondant au nouvel équilibre. Ce graphique est relatif à un régulateur ordinaire non asservi, dont les oscillations non seulement ne seraient pas éteintes, mais seraient même renforcées à chaque période, de manière à aboutir au régime alternatif du « tout ou rien ». Naturellement, certaines hypothèses ont été nécessaires pour établir ce graphique, celle d'une variation linéaire de l'admission (manœuvre de vanne) par rapport au temps, et celle d'une variation brusque des couples résistants, c'est-à-dire non fonction de la vitesse. Ce sont là des hypothèses pessima, qui se traduisent par une aggravation théorique des phénomènes, mais comme elles peuvent être réalisées presque intégralement, il est bon de se prémunir contre de telles éventualités.

Le fait, sous le bénéfice de ces hypothèses, que le régulateur possède une certaine insensibilité, se traduit par l'encadrement, par les vitesses d'embrayage, des vitesses de débrayage, c'est-à-dire comme on le voit, par un renforcement des oscillations, les arceaux tendant à s'amplifier à chaque alternance.

Pendant la durée d'action du moteur de vannage, l'admission est ainsi réglée en quelque sorte par un

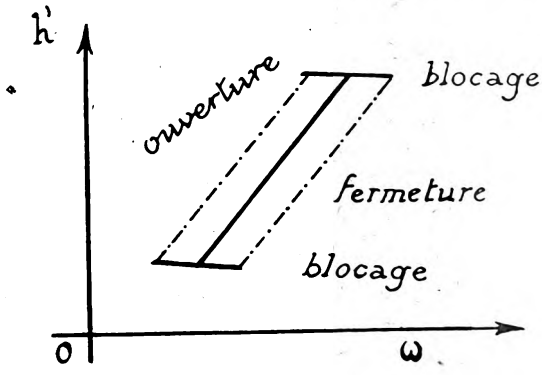


Fig. 5.
Diagramme de fonctionnement.

appareil aveugle, insensible aux indications du tachymètre. Que celui-ci soit bloqué par le mécanisme, ou qu'on lui laisse la possibilité de se déplacer sur son arbre, la course totale du manchon est toujours inférieure à celle qu'il serait nécessaire de lui laisser pour qu'au moment du maximum de vitesse, la position de ce même manchon corresponde à celle qu'il prendrait s'il était libre et en état d'équilibre relatif.

Cependant, comme en raison de l'asservissement et de la compensation, le tachymètre doit pouvoir indiquer, par ses positions sur son arbre, les régimes effectifs en *marche stable* des groupes, et qu'il n'est pas nécessaire, en conséquence, de lui donner un statisme beaucoup supérieur aux *écarts de vitesse de régime* (STATISME ADOPTÉ ± 25 pour 100), ledit manchon ne pourrait suivre les indications données par la vitesse du même groupe, sous peine de ne se voir laisser qu'une sensibilité insuffisante. La course sera réduite, comme ci-dessus, dans les proportions du *statisme nécessaire*.

Les considérations déduites du graphique ci-dessus valent également avec un régulateur indirect asservi, dans lequel l'effet définitif de l'asservissement est de hâter l'instant du débrayage en rehaussant la vitesse *d* de la quantité nécessaire (fig. 6). On sait que ce résultat est généralement obtenu par le déplacement du point *F*, jadis fixe, et maintenant transporté, par le jeu d'une

Digitized by Google

came, en F. La rupture de l'embrayage et le retour du tachymètre à sa position moyenne ont donc ainsi lieu quand les trois points M, F, T sont en ligne droite (fig. 7).

La théorie et la pratique enseignent que ce débrayage a lieu avantageusement peu après le maximum de vitesse, c'est-à-dire après l'équilibre des couples moteur et résistant. Il subsiste une petite différence de couples, de sens contraire à la différence de couples initiale agissante, qui permet de parvenir au nouvel équilibre par le seul jeu du mécanisme (ce qui se conçoit fort bien par l'utilisation des caractéristiques). Un petit élément d'oscillation,

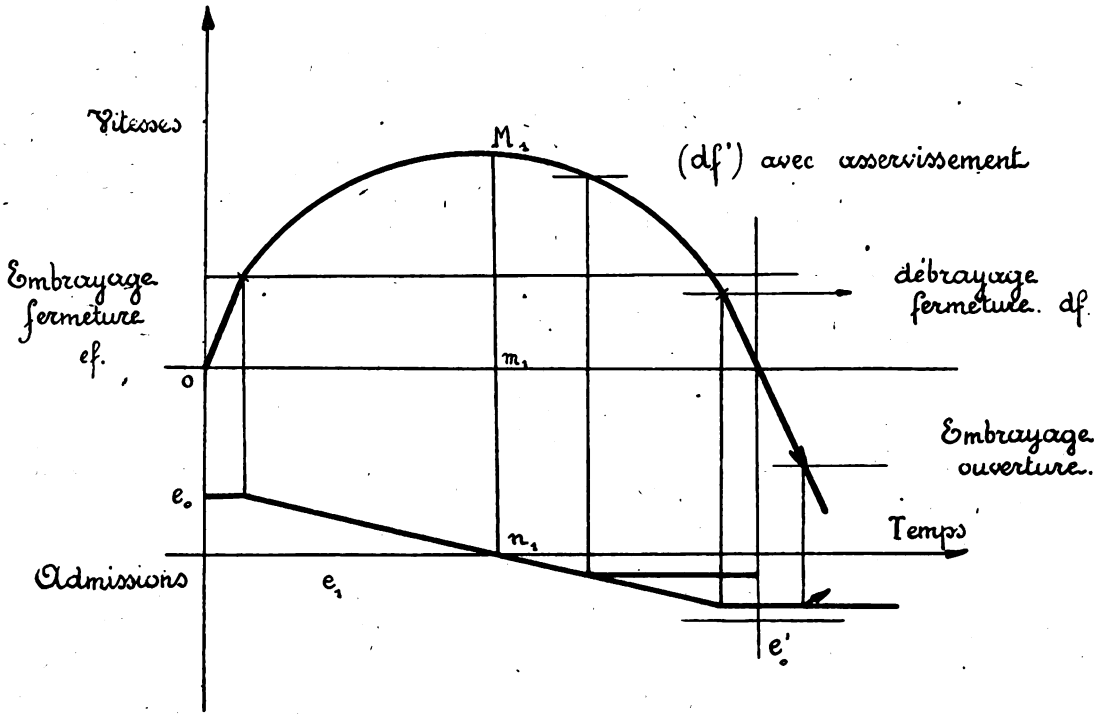


Fig. 6.

de sens contraire à l'oscillation du début, peut même naître, si la différence de couples agissante est suffisamment grande.

L'avantage principal de l'utilisation, sous cette forme, du tachymètre, est de ne lui laisser prendre que des positions correspondant en fait à des *régimes permanents* (et ceci grâce à l'asservissement et à la compensation), et non à des régimes transitoires (*perturbations*). On peut ainsi conserver au tachymètre une sensibilité intéressante.

Les portions de la course du tachymètre peuvent ainsi être réduites à celles correspondant à un statisme de $\pm$ 25 pour 100, mais si l'on supposait que le tachymètre pût accompagner, à l'état de liberté, le mécanisme dans sa déformation, il devrait être prévu pour un statisme d'au moins 50 pour 100, les variations de vitesse instantanée au cours d'une perturbation, étant de cet ordre. La sensibilité de l'appareil en serait fort réduite, ainsi que nous l'avons dit.

Remarquons, à titre incident, que l'on se heurte à des difficultés du même ordre quand, voulant substituer à la loi de manœuvre de la vanne, de forme linéaire

$$e = e_0 \pm at \ (a \text{ constante}),$$

une loi plus intelligente, et ayant des liens sensoriels plus affirmés avec l'état cinétique du groupe, on s'adresse à une forme analytique, telle que la suivante :

$$\frac{de}{dt} = \frac{d\omega}{dt}.$$

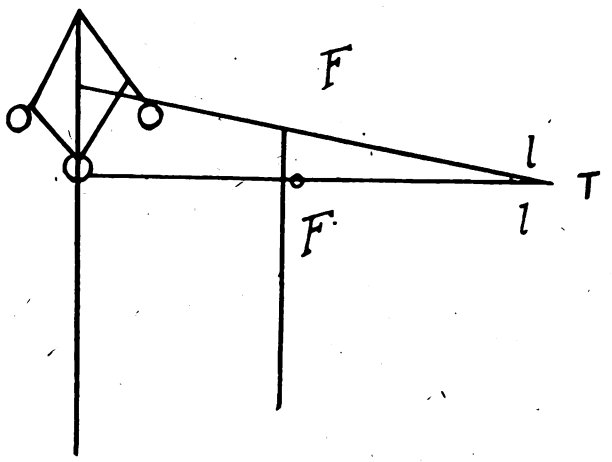


Fig. 7.

Elle donne un mécanisme pour la perturbation identique à celui rencontré avec la régulation directe (1).

(1) Conclusion évidente en raison de la proportionnalité approchée en régulation directe des variations de e et de ω.

Digitized by Google

On peut encore s'adresser à la loi suivante :

$$\frac{de}{dt} = (\omega - \omega_0)$$

utilisant des écarts de vitesses instantanés par rapport aux vitesses de régime ω_0 (1)

La première solution, en particulier, nécessite bel et bien la réalisation d'un accéléromètre, et ce n'est pas là une petite difficulté. Si l'organe détecteur d'accélération est un élément lié au manchon du tachymètre, celui-ci doit pouvoir effectuer une course importante, comme nous l'avons dit plus haut.

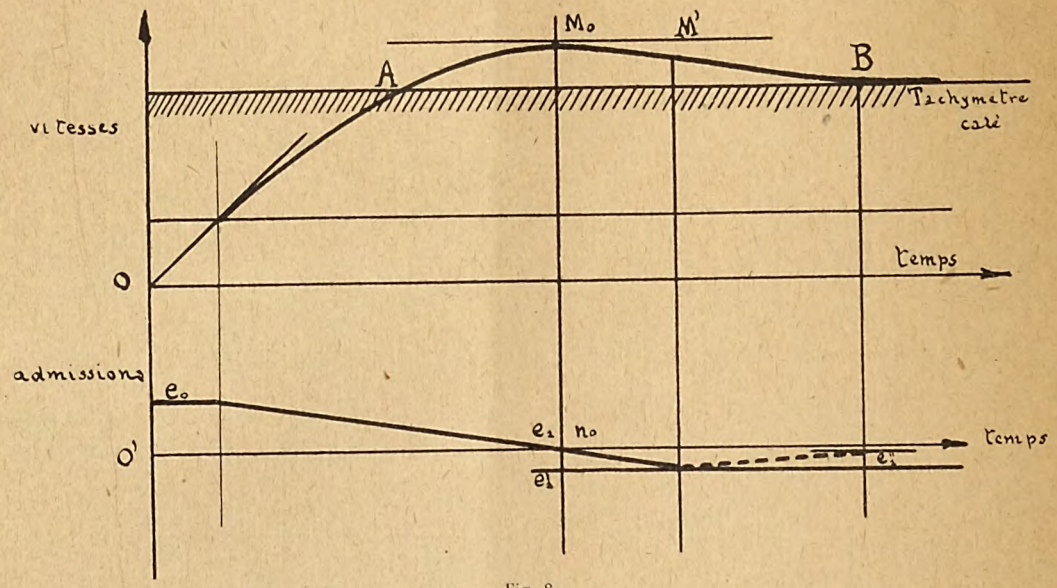


Fig. 8.

Ainsi, il sera en général, assez décevant de chercher à mettre en évidence cet effet d'accélération, par l'utilisation des variations de vitesse du manchon du tachymètre. La vitesse ascensionnelle du manchon ne dépasse pas, dans les appareils modernes, un maximum de 0,1 m : sec.

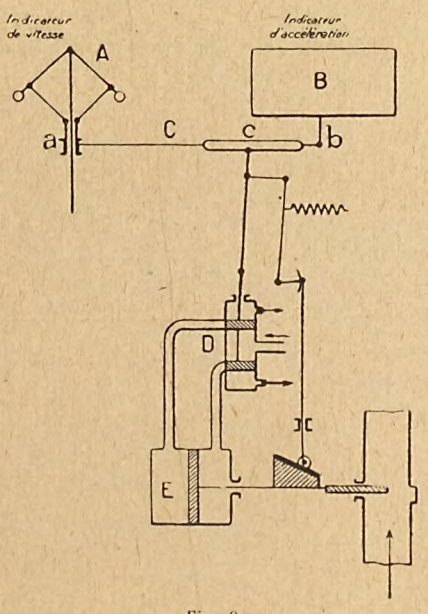


Fig. 9.

A la rigueur, on peut encore utiliser cette vitesse pour commander un organe de réglage, mais presque toujours, dans les variations telles qu'il s'en rencontre en service normal, la chose sera à peu près impossible.

Ces considérations, assez obscures autrefois, sont maintenant tout à fait évidentes. La difficulté réside toujours dans la constitution d'un *veritable accéléromètre*, problème réellement délicat et insuffisamment résolu, au moins lorsqu'on demande à cet appareil de jouer le même rôle que le *tachymètre* dans les appareils classiques, en ce qui concerne la mise en route du vannage.

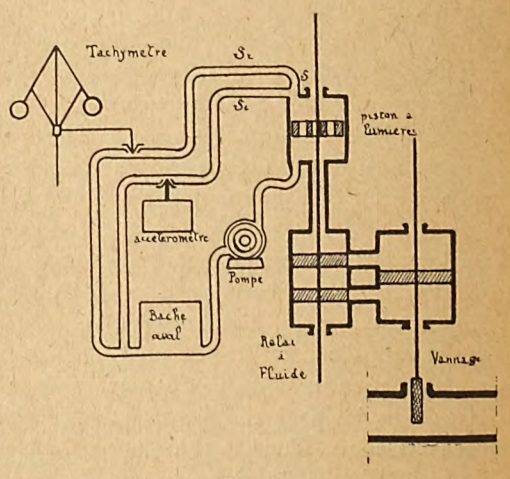


Fig. 10.

(1) De réalisation matérielle également assez compliquée.

Digitized by Google

II. — Difficultés de réalisation du critérium mixte, accélération et vitesse.

Il ne faut donc pas se laisser griser par le perfectionnement théorique, consistant à utiliser le critérium mixte, accélération et vitesse.

Pour que le fonctionnement soit correct, il faut donc que le tachymètre et l'accéléromètre jouent leurs rôles respectifs sans arrêt et sans confusion durant tout le temps de la perturbation.

La combinaison du tachymètre et de l'accéléromètre, celui-ci étant supposé basé sur des variations de vitesse de la machine, peut même donner, dans certains cas, un réglage plus médiocre que si l'on s'adresse au tachymètre seul. La chose est facile à concevoir (fig. 8). Une fois que le tachymètre a amorcé le mouvement de vannage, puisqu'il est bloqué lui-même à fond de course, le vannage se déplaçant par une motricité extérieure, l'accéléromètre, qui est sensible aux variations de vitesse du tachymètre, reprend de lui-même sa position moyenne. Il n'agit donc plus et ne concourt plus au réglage. Il ne reprend son action, et encore cette action peut-elle être à contresens, que lorsque le tachymètre, la vitesse décroissant au delà d'une certaine limite df, reprend lui-même sa liberté, de telle sorte que l'ensemble du dispositif, tachymètre et accéléromètre, peut fonctionner moins bien qu'un régulateur faisant appel au seul tachymètre. Ces conditions de réalisation relatives au mode accélérométrique, sont beaucoup moins intuitives que celles relatives au mode tachymétrique. La complication croît avec la double indication. Aussi, croyons-nous devoir ci-après insister sur ce point, en donnant comme exemple l'étude théorique du fonctionnement d'un régulateur mixte, du type classique, auquel nous avons fait allusion plus haut. Une autre solution matérielle en est, du reste, donnée plus loin.

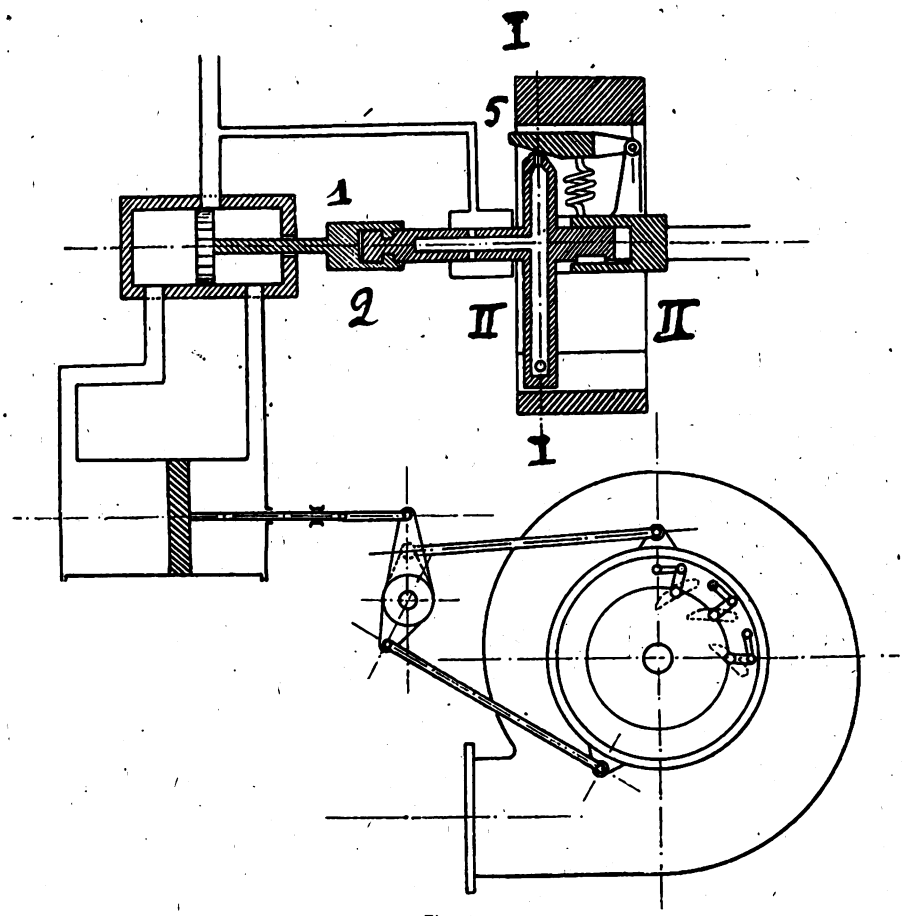


Fig. 11.

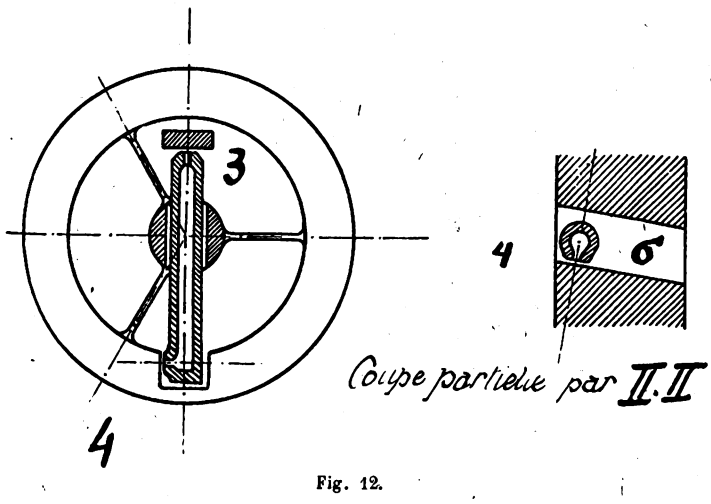


Fig. 12.

III. — Un type de régulateur d'étude a indications mixtes (1918).

Dans ce type de régulateur à *indications mixtes* ou si l'on veut avec *détecteur mixte tachymétrique et accélérométrique* (1), on avait cherché à conserver les avantages des deux classes d'appareils précédents, en éliminant leurs défauts au moyen d'une combinaison appropriée des principes directeurs et des organes mécaniques qui pouvaient être avantageusement conservés.

Faisant abstraction de toutes réalisations ma-

(1) Qui a été étudié ici même. Voir *L'Industrie Électrique* du 25 septembre 1918, p. 345.

Digitized by Google

térielles, rappelons ci-après les principes de fonctionnement d'un tel régulateur.

Dans ce régulateur (fig. 9), le tiroir du servo-moteur de vannage est lié à un point c du levier C Les extrémités du levier C sont liées, l'une a à un tachymètre A qui donne à a une levée proportionnelle à l'écart de vitesse, l'autre b à un indicateur d'accélération B qui donne à b une levée proportionnelle à l'accélération.

La levée de c dépend donc à la fois de l'écart de vitesse et de l'accélération.

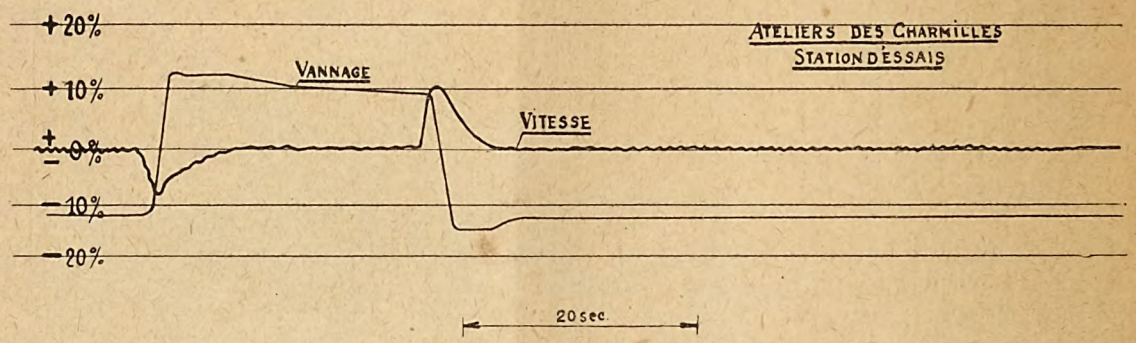


Fig. 13.
Essais de charge et de décharge avec régulateur ramenant la vitesse à une valeur constante.
N. B, — Les petites oscillations de vitesse sont dues à la commande du tachographe.

1° Si la vitesse est trop grande et augmente, a et b sont soulevés, c aussi par conséquent ; le servo-moteur est actionné pour fermer le vannage.

2° Si la vitesse est trop grande mais diminue, a est soulevé, b est abaissé ; il arrive donc un moment où c revient à sa position moyenne, ce qui immobilise le servo-moteur de vannage à un moment où la vitesse, encore trop grande, se rapproche de sa valeur de régime.

3° Si la vitesse est trop petite et diminue, a, b, c sont tous trois abaissés et le servo-moteur ouvre le vannage.

4° Si la vitesse est trop petite mais augmente, la servo-moteur, en raison des déplacements inverses de a et b, se trouve débrayé à un moment où la vitesse, encore trop faible, a tendance à se rapprocher d'elle-même de sa valeur de régime.

Ces quelques considérations permettent de voir que le régulateur décrit à un fonctionnement théoriquement très supérieur à celui d'un régulateur indirect où le tiroir du servo-moteur serait conduit directement par le tachymètre. L'indicateur d'accélération produit le même effet que l'asservissement utilisé dans les régulateurs indirects ordinaires ; il avance l'instant du débrayage.

Dans le régulateur susvisé, le point c peut se déplacer dans une coulisse pratiquée dans C ; la position de c dans

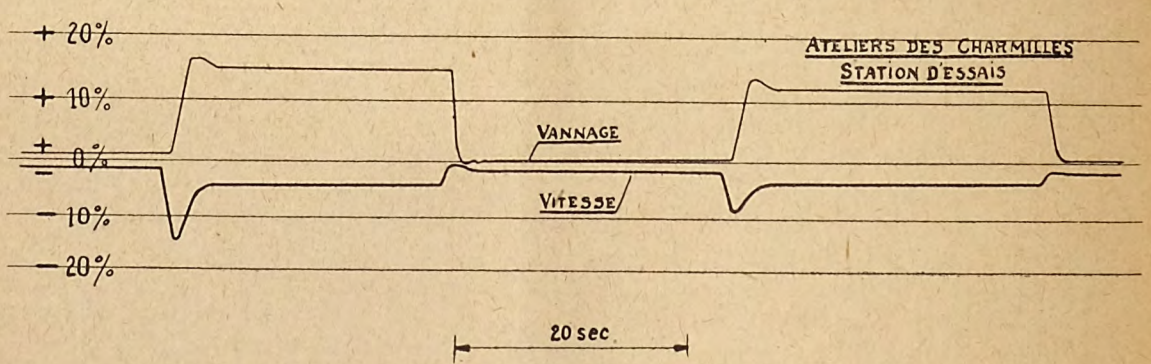


Fig. 14.
Charges et décharges avec statisme positif.

la coulisse est liée à la position du vannage, suivant une loi dont on conçoit la réalisation matérielle.

Cette disposition, qui est la particularité essentielle de ce régulateur, permet, comme nous l'avons montré déjà ici [1], de réaliser un réglage théoriquement parfait. Tandis que l'asservissement se contente d'amortir les oscillations de vitesse à longue période, le nouveau régulateur supprime complètement ces oscillations.

IV. — Généralité de la théorie précédente, son utilité. Son application a tous les régulateurs a indications mixtes et a critères ou effets détecteurs indépendants.

Bien entendu, le lecteur ne sera pas dupe de la forme schématique à dessein limitative, sous laquelle nous

[1] Voir en particulier notre étude précitée de 1918 dans *L'Industrie électrique*.

Digitized by Google

avons exposé le fonctionnement du régulateur à indications mixtes.

Bien d'autres solutions sont possibles, notamment l'une qui a été adoptée depuis 1921, voir l'étude précitée de M. Volet, c'est-à-dire bien après celle citée plus haut, par les Ateliers des Charmilles à Genève (fig. 10).

Voici quel est le principe de ce nouvel appareil. Au lieu que le tachymètre et que l'accéléromètre commandent par un système de tringles un point F dont les déplace-

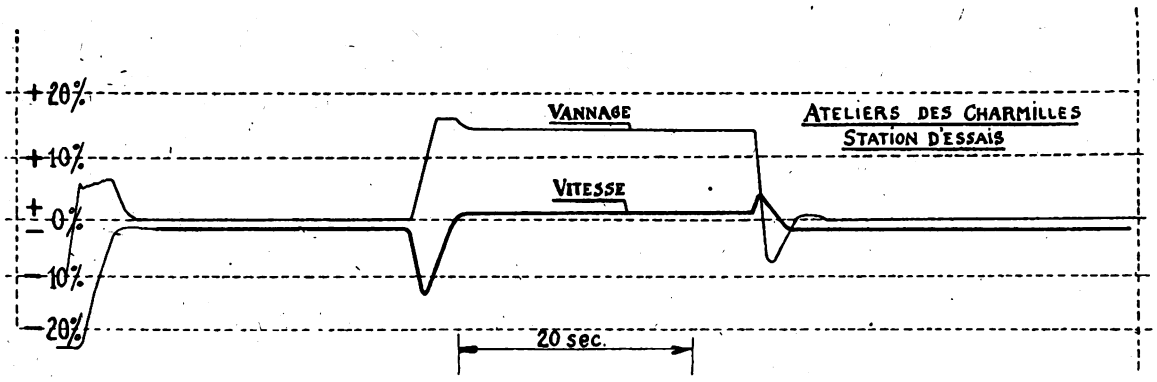


Fig. 15.
Charges et décharges avec statisme négatif.

ments u peuvent s'exprimer en fonction linéaire de x et y (déplacements respectifs de a et de b), les mêmes appareils détecteurs peuvent être considérés comme commandant de petites vannes intercalées sur une circulation d'huile sous pression, cette huile venant déplacer le piston d'un relais à fluide, qui va lui-même commander le moteur de vannage.

Si l'on désigne par S_t et S_a les sections respectives démasquées par les vannes de sortie liées au tachymètre et à l'accéléromètre, et si S_0 représente la section d'écoulement de la bâche haute pression de l'huile, entrant dans le relais (vanne d'entrée), on pourra établir une même relation linéaire entre ces surfaces démasquées et la valeur de S_0 qu'entre x, y et u de la théorie précédente, la valeur de u intervenant seule pour la mise en marche ou pour l'arrêt du moteur de vannage, si u vaut $ax+by$, a et b constantes appropriées.

Soit donc pour le nouveau régulateur $aS_a+bS_t=\Sigma$.

Si $\Sigma=S_0$, le relais du régulateur est à sa position moyenne.

S'il se trouve que $S_t+S_a=S$, le fluide circulant suivant des lumières à travers le piston p du relais, ce relais sera en équilibre, comme dans le régulateur précédent il l'était lorsque F avait retrouvé sa position moyenne.

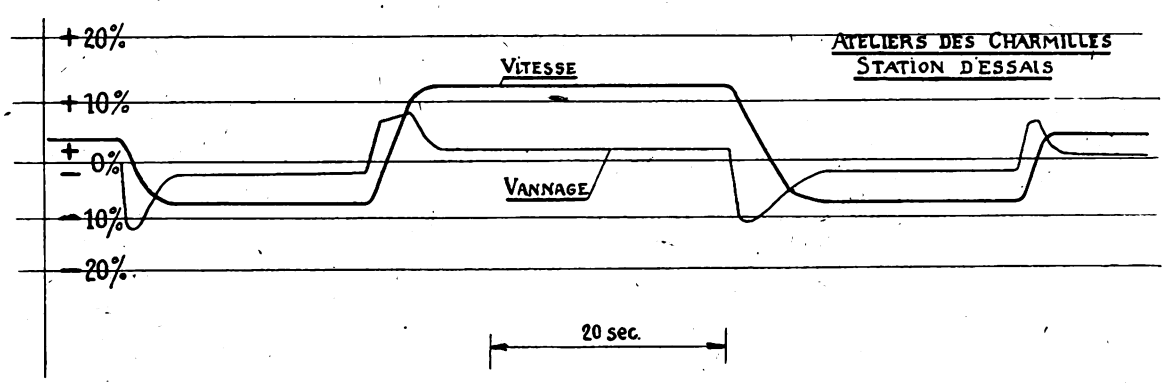


Fig. 16.
Changements rapides de la vitesse de régime.

On voit, par conséquent, qu'il existe une infinité de valeurs de S_t et de S, telles que cet équilibre soit réalisé.

La théorie de cet appareil est donc tout à fait identique à celle que nous avons donnée des régulateurs à indications mixtes. La généralité de notre théorie est telle qu'elle englobe forcément tous les appareils dans lesquels le tachymètre et l'accéléromètre ont des effets détecteurs distincts, bien que combinés.

V. — Le nouveau régulateur a indications mixtes des ateliers des charmilles.

Nous le citerons, entre plusieurs autres types de régulateurs, comme particulièrement intéressant parce que dérivant de considérations théoriques précises (fig. 11 et 12).

Dans sa constitution même, en effet, se distinguent avec une netteté schématique les divers organes constitu-

Digitized by Google

tionnels d'un régulateur, savoir : *servo-moteur, pompe à huile sous pression, mécanisme de réglage à la main, distributeur avec soupape de sûreté,* puis surtout le *régleur*, organe essentiel du régulateur, comprenant un *accéléromètre* et un *tachymètre*. Ce sont des masses centrifuges et accélérométriques, simplement suspendues à des lames élastiques, à l'exclusion de toute articulation, donc dénuées de tout frottement.

La transmission des indications du tachymètre et de l'accéléromètre au piston du relais est purement hydraulique.

Elle est, pour ainsi dire, immédiate et complète, c'est-à-dire que les moindres variations dans la vitesse et l'accélération sont ainsi enregistrées. L'appareil est réglé de telle sorte que la tuyère, commandée par le tachymètre, sera entièrement fermée quand la vitesse est inférieure à une certaine valeur, et entièrement ouverte quand la vitesse en dépasse une autre, le régulateur

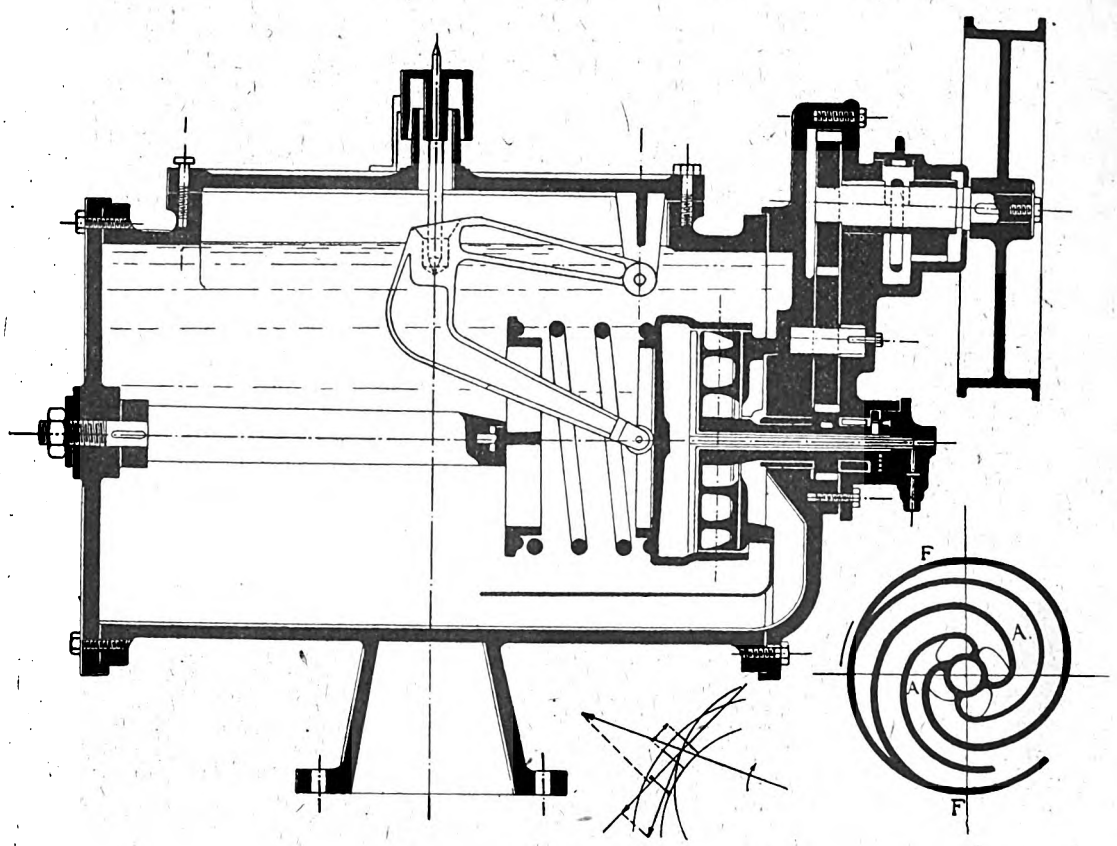


Fig. 17.
Régulateur à double indication.

fonctionnant sous l'influence des accélérations négatives ou positives correspondantes.

Le constructeur de cet appareil attribue une bonne part des résultats intéressants obtenus par son dispositif à la suppression de toute articulation matérielle dans les transmissions du tachymètre ou de l'accéléromètre aux relais et aussi à la suppression de tout dash-pot. Peut-être, faudrait-il faire quelques réserves sur ces deux points.

La transmission par pression d'huile offre aussi certains inconvénients bien connus des constructeurs et le dash-pot, si cher à certains, leur a bien souvent permis de triompher de difficultés presque inextricables. En réalité, le dash-pot ne mérite ni cet excès d'honneur, ni cette indignité.

Peut-être même conviendrait-il de faire des réserves aussi sur la recherche d'une sensibilité excessive. Cette hypersensibilité se traduit souvent par une superagitation. Ce n'est pas une qualité, pour un régulateur de groupe, pas plus que pour un conducteur d'hommes, surtout lorsque les groupes sont destinés, comme les hommes, à fonctionner ou à vivre en parallèle.

Néanmoins, la seule sanction en matière de régulateurs, comme pour tous les autres appareils industriels de cet ordre, résidant dans leur bon fonctionnement, les diagrammes ci-joints pris entre beaucoup et relatifs au nouveau régulateur des charmilles, sont suggestifs et éloquents à cet égard. Nous devons ces graphiques à l'obligeance de cette maison. Ils ont, du reste, figuré dans l'article de M. Volet auquel nous avons fait allusion plus haut.

Il ne faut peut-être par attacher non plus une importance exceptionnelle à certaines suppressions, en apparence absolues, sur ces diagrammes de variations de vitesse qui

Digitized by Google

devraient cependant accompagner toutes variations de charge.

Peut-être est-ce à une insuffisante sensibilité du tachymètre enregistreur [il faut qu'elle soit considérable dans

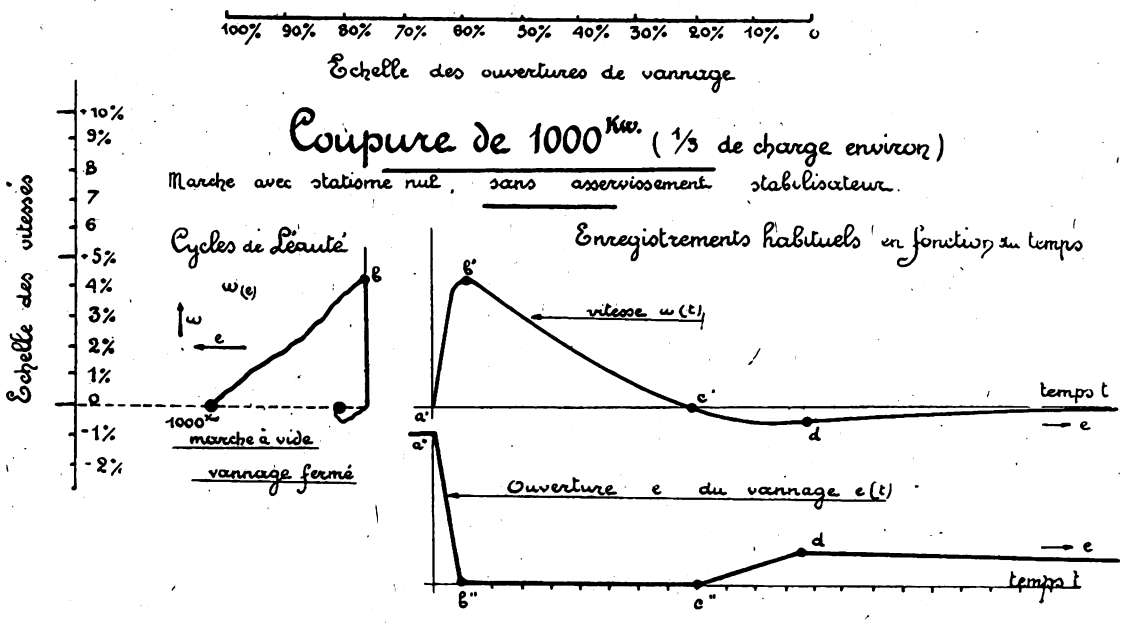


Fig. 18.

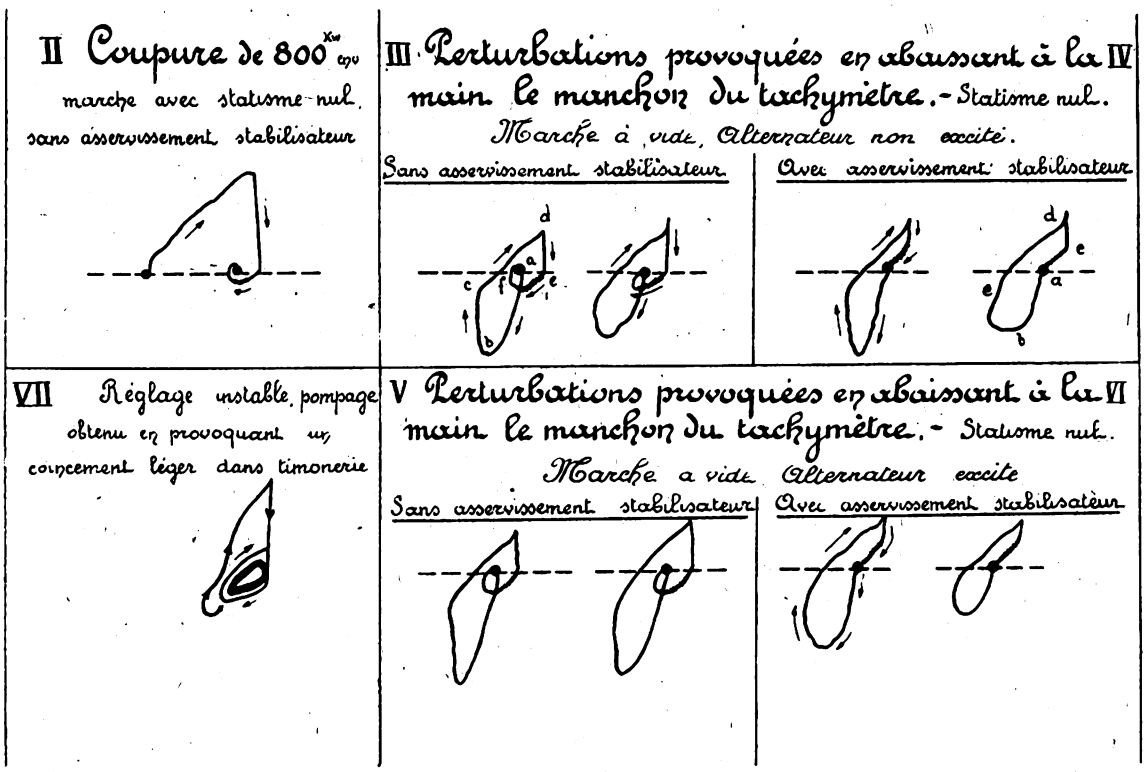


Fig. 19.

des cas analogues], qu'il faut attribuer cet « étouffement » de la variation de vitesse.

VI. — Régulateur Neyret, Beylier, Piccard et Pictet a double indication.

Pour les raisons que nous venons d'exposer, dans le nouveau tachyaccéléromètre que nous allons décrire, on fait agir la force centrifuge et la force d'inertie tangentielle sur une même masse liquide qui transmet hydrauliquement les efforts qu'elle subit (1).

(1) Voir l'étude donnée de cet appareil dans *Arts et Métiers*,

Digitized by Google

La figure 18 montre la coupe de cet appareil qui a été installé sur un régulateur de turbine de 4500 ch à l'usine de Beaufort (Savoie) (fig. 17).

Il se compose d'un rotor A analogue au rotor d'une pompe centrifuge et entraîné par la turbine à 1400 t : min environ ; sur ce rotor, dont l'extérieur est tourné sphérique, coulisse une cloche cylindrique légère F repoussée contre le rotor par un ressort G appuyé sur une bague oscillante H pouvant s'incliner autour du pivot I, suivant les irrégularités de déformation du ressort G.

Le tout est renfermé dans un carter E plein d'huile ; la rotation du rotor engendre donc une pression d'huile qui vient agir sur la cloche F et la déplace jusqu'à ce que la tension du rotor G équilibre cette pression qui se trouve ainsi mesurée par le déplacement de la cloche, lequel est transmis par le levier J au manchon L.

Or, la pression engendrée par le rotor dépend d'abord de la vitesse, comme dans tout appareil centrifuge, mais grâce à la disposition en spirale des canaux du rotor, il y a une pression supplémentaire due à la force d'inertie tangentielle. La pression p engendrée par le rotor est donc de la forme :

$$p = A(\omega - \omega_0) + B\frac{d\omega}{dt}$$

et la totalisation des deux actions tachymétrique et accélérométrique, se fait avec le maximum de précision et de simplicité.

La sensibilité de cet appareil est extrême ; les seuls frottements mécaniques qui puissent exister sont ceux qui se produisent au contact de la cloche sur le rotor. Or, d'une part cet effort de contact est faible, car les poids sont équilibrés par des contrepoids, et, d'autre part, ce frottement, par suite du phénomène connu du mouvement louvoyant, a un effet rigoureusement nul sur le déplacement de la cloche.

En effet, le frottement est toujours dirigé dans le sens de la vitesse relative de glissement des deux pièces au moment où la cloche est immobile ; il est donc entièrement tangentiel sans aucune composante parallèle à l'axe. L'insensibilité est donc rigoureusement nulle, car aucun effort de frottement ne peut arrêter le déplacement de la cloche, puisque cet arrêt annule entièrement tout frottement dans le sens de l'axe.

L'expérience a pleinement confirmé les vues théoriques ci-dessus ; des essais ont été effectués à l'usine de Beaufort, au cours d'une année de marche presque ininterrompue, sans démontage ni nettoyage du tachyaccéléromètre.

La stabilité du réglage a été tout à fait remarquable et la sensibilité pratiquement parfaite, puisque le tachyaccéléromètre s'est toujours montré plus sensible que les fréquencemètres pourtant très sensibles, qu'on utilisait pour essayer de mesurer son insensibilité.

Les figures 18 et 19 montrent, d'ailleurs, un certain nombre de graphiques de régulation relevés pendant des coupures brusques et pendant des perturbations provoquées à la main en appuyant sur le manchon du tachymètre.

Pour mieux étudier l'influence stabilisatrice de l'accélération, on avait, dans ces essais, supprimé complètement le statisme et l'asservissement temporaire stabilisateur ; malgré cela, le réglage est excellent ; après la perturbation le groupe revient à sa vitesse de régime directement et s'y maintient sans oscillations.

Les graphiques utilisés dans ces enregistrements diffèrent de ceux que l'on relève habituellement et qui sont des graphiques de la vitesse et de l'ouverture du vannage en fonction du temps.

Ces derniers ont l'inconvénient de mal mettre en évidence la stabilité du réglage, car si les oscillations de vitesse à vide sont lentes, l'ondulation de la courbe de vitesse est peu apparente et ne se décèle que par l'examen attentif d'une bande de grande longueur.

Les graphiques des figures 18 et 19 sont bien plus précis et plus clairs ; ils sont le relevé automatique des cycles classiques de Leauté.

Ces cycles sont obtenus en portant en ordonnée la vitesse et en abscisse l'ouverture du vannage. Au cours du réglage, le point qui est défini par ces deux coordonnées décrit des cycles qui, pour un bon réglage, doivent être rapidement convergents.

VII. — Conclusions.

Les régulateurs accélérométriques et accélérotachymétriques semblent actuellement revenus au premier plan des préoccupations des ingénieurs, et c'est justice, car le régulateur normal indirect, asservi et compensé, encore que donnant une solution classique fort acceptable pour les groupes importants, est actuellement extrêmement coûteux, à tel point que, pour certaines puissances restreintes, le régulateur représente une immobilisation de capitaux aussi importante que celle de la turbine, d'où des critiques faciles, et malheureusement souvent trop justifiées.

Un nouveau champ d'applications fort vaste et éminemment intéressant, reste donc ouvert aux régulateurs à accélération. Il serait puéril d'imaginer que, parce que le problème est ancien, il soit pour cela épuisé. Certains dogmes, qui semblaient intangibles en matière de régulation directe, à un certain moment, tel que le culte de l'isochronisme, sont aujourd'hui controuvés. Il est probable qu'il en sera de même, il est certain qu'il en est déjà de même, pour certains autres en matière de régulation indirecte.

Barbillion.

1927, par M. Cayère, ancien ingénieur en chef aux Ateliers N.O.P.P. à Grenoble et auquel est due pour une très grande part la réalisation de cet excellent régulateur.

Digitized by Google

LA NOUVELLE LÉGISLATION DES BREVETS
DEVANT LE PARLEMENT

I. — Introduction.

En 4 séances mémorables, la Chambre de 1844 a fait, en matière de Brevets, l'œuvre législative sous le régime de laquelle nous vivons encore. A la loi qui porte la date du 5 juillet 1844, se sont ajoutées les lois du 31 mai 1856 et du 7 avril 1902 et enfin, après les actes législatifs éphémères provoqués par l'état de guerre, les dernières retouches ont été apportées à l'édifice de notre législation par les articles 3 et 4 de la loi du 26 juin 1920.

Bien téméraire a paru le présent Gouvernement, lorsqu'il entreprit, au cours du mois écoulé, d'apporter et de soutenir devant la Chambre un projet de loi resté longtemps à l'étude devant la Commission du Commerce et de l'Industrie; mais le désir d'aboutir était si certain de la part de cette Commission, de son rapporteur M. Marcel Plaisant, du Gouvernement même et du Ministre M. Bokanowski, qui avaient adopté le projet de loi rapporté par M. Plaisant, qu'il faut désormais refouler tout scepticisme à l'égard dudit projet de loi.

Six séances de la Chambre ont montré qu'il avait rencontré une majorité assez forte pour emporter tous les obstacles et vaincre toutes les résistances, en raison même des efforts faits par la Commission pour tenir compte des avis qui lui étaient donnés, soit par les associations d'inventeurs, soit par le *Comité Technique de la Propriété Industrielle*, soit par le *Commissaire du Gouvernement*, M. Drouets, *Directeur de la Propriété Industrielle* ou par le *Ministre du Commerce et de l'Industrie*, M. Bokanowski.

Cette introduction serait incomplète si elle ne mentionnait pas le rôle important joué, dans la discussion de la loi devant la Chambre, par la fraction la plus avancée des gauches et en particulier par M. Ernest Lafont, M. Albert Fournier et même M. André Berton, qui ne cachent pas leur admiration pour l'œuvre des Soviets et n'ont pas hésité, au cours des débats sur la loi des brevets d'invention, de rappeler le régime établi en Russie par le décret pris au Kremlin, le 12 septembre 1924, par le Comité Central exécutif du Conseil des Commissaires du Peuple de l'Union des R. S. S.

Nous rappelons que l'*Industrie électrique* (1) a examiné toutes les dispositions nouvelles rencontrées dans ce décret en y signalant, pour la première fois, la consécration du droit collectif des ouvriers et employés, dans l'acquisition de brevets protégeant leurs inventions et dans l'obtention des bénéfices en résultant.

On retrouvera, également, dans l'étude du projet de loi qui vient de sortir des délibérations de la Chambre française, le droit *d'expropriation* que le décret des Commissaires du peuple a établi, au bénéfice de l'État, sur les inventions intéressant la défense nationale et l'intérêt public.

Un moment même, on a pu penser que l'*examen préalable* aurait l'agrément de nos députés, mais le *Ministre du Commerce* et le *Directeur de la Propriété Industrielle*, ce dernier parlant en qualité de Commissaire du Gouvernement, connaissaient si bien les défauts de l'organisation actuelle des brevets en France, qu'ils ont été effrayés de ce que le Parlement attendait d'eux et que, bien loin d'aller jusqu'à l'examen préalable, on n'a même pas osé donner suite à l'intention qu'on avait eue de demander à notre Administration des brevets de jouer un rôle providentiel à l'égard de l'inventeur, en l'avisant des échéances d'annuités auxquelles il avait à faire face.

A cet égard, il n'est pas sans intérêt d'enregistrer ici, dès le début de notre étude, l'éloquente adjuration faite à la Chambre, par le Directeur de la Propriété Industrielle, lorsqu'on tenta d'imposer à son Administration de prendre, même sous une forme bénigne, cette responsabilité qu'il redoute vis-à-vis des pauvres inventeurs (qui se trouvent souvent aux-mêmes aussi embarrassés que l'Administration pour connaître ces échéances et veiller à ce que ces annuités soient payées à temps et convenablement imputées dans les registres de la Propriété industrielle).

II. — Erreur n'est pas compte.

C'est à l'occasion des *Art.* 29 et 32 que la Chambre eut la surprise d'entendre le Commissaire du Gouvernement, M. Drouets, opposé au texte visant à alerter les inventeurs en leur faisant savoir, par le *Bulletin Officiel de la Propriété Industrielle*, les délais dans lesquels ils pouvaient valablement effectuer leurs paiements :

« Je me permets de donner à la Chambre quelques explications au sujet de la possibilité de la publication qui est démandée au *Bulletin Officiel de la Propriété Industrielle* des brevets d'invention, pour lesquels les annuités n'auraient pas été payées à l'échéance.

Vous n'ignorez pas que les annuités des brevets d'invention versées par les intéressés dans les recettes des finances où les brevetés ou leurs mandataires indiquent sur le bulletin de versements le numéro du brevet auquel ils veulent voir affecter l'annuité, la date à laquelle le brevet a été pris et le titre de ce brevet. Ces bulletins nous sont transmis ensuite et, dans la mesure du possible, nous essayons d'affecter les versements sur le registre des brevets qui les concernent. Or, tous les jours nous constatons que des erreurs matérielles considérables existent dans ces bulletins de versement signés par les intéressés ou par leurs mandataires, erreurs qui portent tantôt sur le numéro, tantôt sur le titre, tantôt sur la date, en sorte *qu'il nous est matériellement impossible d'identifier avec certitude les brevets auxquels s'appliquent tel ou tel versement.*

(1) Voir *L'Industrie électrique* du 25 décembre 1926.

Digitized by Google

Nous essayons de le faire généralement par une correspondance avec l'inventeur, ou avec le mandataire qui a effectué le versement. Mais nous n'arrivons pas toujours facilement à éclaircir l'affaire.

Si on nous obligeait à publier au *Bulletin Officiel de la Propriété Industrielle* une liste, il serait indispensable que cette liste fût exacte, car nous ne pouvons pas, nous, administration, publier une liste erronée. Cependant, en raison des difficultés que je viens de dire, en raison des erreurs commises par les intéressés, *la liste sera toujours erronée.*

En outre, cette publicité au *Bulletin de la Propriété Industrielle* n'intéresse pas beaucoup les inventeurs. Les abonnés et les lecteurs de ce bulletin sont plutôt les agents de brevets, les intermédiaires. La publicité profiterait non aux inventeurs eux-mêmes, mais plutôt à leurs intermédiaires, qui sont généralement chargés de payer pour eux les annuités.

Il serait désirable, cela n'est pas douteux, de pouvoir prévenir les inventeurs de la date d'échéance de leur annuité.

L'Aministration le ferait volontiers, si elle avait des ressources suffisantes, bien que cela nécessite un travail considérable. Nous sommes disposés, lorsque nos moyens financiers nous le permettront, à étudier les mesures permettant d'aviser les brevetés de cette échéance. Cette mesure serait plus susceptible de leur donner satisfaction qu'une publication au *Bulletin Officiel de la Propriété Industrielle.*

Etant données les difficultés matérielles auxquelles nous nous heurterons et la *certitude que nous avons que les listes seraient inexactes, je demande à l'auteur de l'amendement de vouloir bien renoncer à sa proposition.*

M. Ernest Lafont prit acte de l'impossibilité signalée par l'Administration et le Ministre du Commerce lui-même, et pria la Chambre de tenir compte de l'embarras de ladite Administration et de ne pas insister. Comme on le voit l'Administration veut bien recevoir l'argent, mais ne tient pas à rendre des comptes. C'est toujours l'Etat omnipotent et irresponsable qui se manifeste par ses meilleurs bureaucrates.

III. — Dispositions générales.

(Titre Ier de la loi nouvelle),

L'analyse qui va suivre l'examen des articles débattus à la Chambre et votés par elle sera très sommaire en ce qui concerne tous ceux sur lesquels l'entente a été aisément acquise.

De ce nombre sont les articles 1, 2, 3, et 4, qui visent les dispositions générales définissant la brevetabilité et écartent les inventions indésirables.

La question de brevetabilité a été discutée par la Commission, et de bons esprits ont regretté qu'elle ne puisse pas écarter, en plus des compositions pharmaceutiques et des brevets contraires à l'ordre public ou aux bonnes mœurs, ceux qui sont relatifs aux *mouvements perpétuels*, à de *simples combinaisons de publicité*, etc....

Si la loi nouvelle avait décidé de les écarter, le pouvoir et l'obligation de trancher la question de brevetabilité aurait théoriquement appartenu au Ministre du Commerce, et particulièrement au Commissaire de Gouvernement exerçant les fonctions de Directeur de la Propriété Industrielle.

La Commission, et, après elle, la Chambre des Députés, ont tenu à ce que la question de brevetabilité fût entièrement du rôle des tribunaux. Par le libellé suivant de l'article 3, on peut voir que les exclusions de la loi de 1844 sont complétées dans la nouvelle loi, et que *la propriété scientifique en est nettement exclue* :

Art. 3. — Ne sont pas susceptibles d'être brevetés :

1° Les découvertes, inventions ou applications ne présentant aucun caractère industriel;

2° Les découvertes ou inventions qui seraient contraires soit à la sûreté ou à l'ordre public, soit aux bonnes mœurs;

3° Les compositions pharmaceutiques et les remèdes autres que les produits chimiques définis, sans que toutefois cette exception s'applique aux procédés, dispositifs ou moyens servant à leur obtention.

Si le comité technique de la propriété industrielle estime qu'une demande de brevet vise une découverte ou invention non susceptible d'être brevetée, avis en sera donné au demandeur, qui aura la faculté, dans un délai de deux mois après cette notification, de se pourvoir directement auprès du tribunal civil de son domicile pour qu'il soit statué sur la brevetabilité de sa découverte ou invention.

Faute par l'intéressé d'exercer cette faculté dans le délai prescrit ou dans le cas où le tribunal se prononcera pour la non-brevetabilité, la demande de brevet sera rejetée par arrêté du Ministre du Commerce et de l'Industrie.

La lecture de l'*Art.* 4, d'abord alléchante pour les inventeurs dont elle prolonge les Brevets, parait ensuite effarante par la lourde majoration des frais qu'impose cet Article au nom d'un étroit esprit de fiscalité.

Art. 4. — *La durée des brevets est de vingt années.*

Chaque brevet donnera lieu, lors du dépôt de la demande, au payement d'une taxe de dépôt de 100 fr au profit de l'État et d'une taxe de publication de 250 fr perçue au profit de l'office national de la propriété industrielle, et, à partir de la quatrième année, au payement d'une taxe annuelle au profit de l'État, fixée pour la quatrième année à 300 fr et augmentant ensuite progressivement de 50 fr chaque année.

IV. — Formalités relatives au dépôt et a la délivrance des brevets (1).

Tout d'abord, sous le titre II. figurent les *Art.* 5 à 11 inclus, qui constituent la Section I de ce titre et visent les diverses *formalités de depôt des brevets.*

(1) Voir Chapitre V, plus loin.

Digitized by Google

Ensuite, les *Art.* 12 à 21, qui constituent la Section II visant la délivrance des brevets.

La discussion de ces articles a été nettement dominée par la préoccupation de l'*Art.* 33, qui sera reproduit plus loin *in extenso*, mais dont il convient de signaler maintenant toute l'importance, puisqu'*il reconnaît les droits des employés aux inventions émanant d'eux.*

C'est en vue de cette consécration du droit de l'employé, que M. Emile Borel, M. Yvon Delbos, M. Ernest Lafont, M. Charles Reibel... ont longuement discuté l'*Art.* 5, et que les mieux intentionnés d'entre eux ont essayé d'obtenir dès le vote de cet article, des garanties de sincérité de la *déclaration de paternité* faites lors du dépôt de la demande de brevet.

« *Cette demande, stipulaient MM.* Borel *et* Delbos, *devra, sous réserve des dispositions de l'Art.* 33, *renfermer la déclaration que l'invention est bien due au demandeur. Toute fausse déclaration entraîne la nullité du brevet, sans préjudice des dommages-intérêts qui pourraient être réclamés par des tiers.* »

Bien que cette disposition additive à l'*Art.* 5 fût repoussée par le Gouvernement et par la Commission, elle fut votée par la Chambre à une majorité de 345 voix contre 210. Ne retenant que cette importante addition à l'*Art.* 5, dont les autres dispositions rappellent celles de la loi de 1844, nous accorderons plus d'attention sur l'*Art.* 6, qui institue, en quelque sorte une « charte » des agents de brevets, sans aller jusqu'à instituer des « chartered agents » comme en Angleterre.

Art. 6. — Dans le département de la Seine, le dépôt des demandes de brevet aura lieu à l'Office National.

Les demandeurs résidant à l'étranger devront désigner, pour les représenter, un mandataire domicilié en France, auquel seront adressées les communications émanant de l'Office National.

Les personnes faisant profession de représenter les inventeurs auprès de l'Office National de la propriété industrielle devront, si elles sont françaises, jouir de tous leurs droits civils et, si elles sont étrangères, n'avoir encouru, soit en France, soit à l'étranger, aucune condamnation de nature à entraîner, si elles étaient françaises, la perte de ces mêmes droits. Elles devront, en outre, justifier de leur domicile en France.

Un décret rendu sur la proposition du Ministre du Commerce et de l'Industrie, après avis du comité technique de la propriété industrielle, déterminera les conditions dans lesquelles lesdites personnes seront admises à exercer leur profession.

Art. 7. — La demande ne pourra contenir ni restrictions, ni conditions, ni réserves.

Elle indiquera un titre renfermant la désignation sommaire et précise de l'objet de l'invention.

La description devra être limitée à un seul objet principal, avec les objets de détail qui le constituent et les applications qui seront indiquées.

Elle ne pourra être écrite en langue étrangère.

Elle ne devra contenir aucune dénomination de poids et de mesures autres que celles qui sont portées au tableau annexé au décret du 29 juillet 1919, rendu en exécution de la loi du 2 avril de la même année.

Plus loin l'*Art.* 7 tranche la question de *revendications de priorités multiples* sans tenir compte du fait que les discussions de la Conférence de la Haye de 1926 ont démontré qu'une entente était impossible à ce sujet entre les divers états participants.

Est-ce dans un but fiscal qu'on a donné aux étrangers l'avantage de déposer en France un seul brevet correspondant à plusieurs dépôts simultanément revendiqués et sous la condition de payer autant de taxes que de revendications?

Avec cette disposition il résulte en tous les cas, de certaines législations étrangères et à l'avantage de ressortissants de pays étrangers, que les inventeurs français y déposant des brevets « combinés » auront à supporter des frais encore plus considérables que les étrangers chez nous, ces frais correspondant au dépôt et à l'entretien d'autant de brevets que de priorités à autant de procédures d'examen que de brevets, etc... Les paragraphes de l'Art. 7 qui visent cette revendication de priorité sont les suivants.

La demande devra indiquer la date du premier dépôt de la demande de brevet fait à l'étranger pour la même invention, et le pays dans lequel il a eu lieu, lorsque le déposant entendra se prévaloir du droit de priorité qui peut en résulter.

Elle devra indiquer de même si l'invention a fait l'objet d'un certificat de garantie délivré en conformité de la loi du 13 avril 1908 relative à la protection temporaire dans les expositions, lorsque le déposant entendra s'en prévaloir.

Lorsque ces indications ne figureront pas dans la demande, elles devront être fournies à l'Office National dans les soixante jours qui suivront le dépôt de ladite demande, sous peine, pour le demandeur, de perdre son droit de priorité ou le bénéfice de la protection temporaire dont il jouissait.

Le demandeur pourra valablement revendiquer pour l'obtention d'un brevet de priorité de plusieurs dépôts faits à l'étranger et se rapportant à la même invention, à la condition d'acquitter autant de taxes de première annuité qu'il y aura de dépôts revendiqués.

Nous passons outre aux articles suivants, 8 à 11, qui visent la remise du procès-verbal dû aux inventeurs, la date à partir de laquelle court la durée de *vingt* ans accordée au brevet, les opérations de transmission et d'ouverture des pièces, etc.

V. — Délivrance des brevets.

Section II, Art. 12 a 21 inclus.

La question de la délivrance des brevets est évidemment plus épineuse que les précédentes, mais la Chambre a très rapidement statué sur leur rôle, et il y a tout lieu de croire que le Sénat ne fera pas plus de difficultés

Digitized by Google

qu'elle pour voter, sous leur forme actuelle ou avec une rédaction peu différente, les art. 12 à 21 et suivants, qui visent notamment :

l'Art. 12, la délivrance des copies officielles pour dépôt à l'étranger;

l'Art. 13, le paiement des taxes de délivrance et *la délivrance sans examen préalable*;

l'Art. 16, la publication au *Bulletin officiel* de la propriété industrielle;

l'Art. 17, la mise au secret des brevets pris au nom de l'État pour une invention intéressant la défense nationale;

l'Art. 18, les causes possibles de rejet des brevets;

l'Art. 19, *le retrait des brevets contre paiement d'une* taxe spéciale, *article qui laisse encore apparaître la préoccupation fiscale que l'Administration a su faire partager à la Commission et aux parlementaires.*

A l'égard de *l'Art.* 13 on peut se demander comment il se fait que le rapporteur de la Commission du Commerce a lui-même, en dernière lecture de son projet, supprimé l'examen préalable facultatif qui était tout d'abord prescrit dans cet article et qui n'y figure plus ainsi qu'on le voit en lisant le libellé suivant :

Art. 13. — Les brevets dont la demande aura été régulièrement formée seront délivrés *sans examen préalable*, aux risques et périls des demandeurs et sans garantie, soit de la réalité, de la nouveauté ou du mérite de l'invention, soit de la fidélité ou de l'exactitude de la description.

La délivrance du brevet d'invention donnera lieu à la perception d'une taxe, au profit de l'Office national.

Faute du versement de cette taxe dans un délai de trois mois à dater de la notification adressée, à cet effet, au demandeur, le taux en sera doublé pendant un nouveau délai de grâce de trois mois. Passé ce délai, la demande de brevet sera réputée non avenue. L'annuité versée restera, dans ce cas, acquise par le Trésor.

M. Albert Fournier et plusieurs de ses collègues estimèrent avec raison que *l'Article* 13, dans son libellé ci-dessus, modifiait de façon capitale le caractère primitif du projet de loi Plaisant, car l'examen préalable, cheville ouvrière du projet de loi rapporté par la Commission, avait disparu sans laisser de traces et la raison en fut demandée au rapporteur.

C'est en raison de l'insuffisance de l'organisme français des brevets que l'ancien *Article* 13 avait été à ce point défiguré et que, après son maintien dans le rapport principal de M. Plaisant et dans un premier rapport supplémentaire, également du même auteur, *celui-ci faisait disparaître de l'Article* 13 *les dispositions relatives à l'examen préalable, même facultatif.*

Voici le vœu que M. Albert Fournier proposa par voie d'addition à *l'Art.* 21 :

« Tout déposant d'une demande de brevet d'invention pourra requérir, soit au moment du dépôt, soit postérieurement, qu'il soit procédé par les soins de l'Office national de la propriété industrielle *à un examen sans garantie portant sur la nouveauté et la brevetabilité de l'invention.* »

Des raisons fournies par M. Plaisant pour expliquer l'abandon de ses premiers projets d'examen préalable, il résulte qu'il manque, à l'organisme français des brevets tel qu'il fonctionne actuellement, tous moyens d'exécution, techniques, juridiques, financiers, etc.

D'après les informations qui lui sont parvenues de Berlin, le rapporteur estime qu'il faut plus de 800 *fonctionnaires pour assurer la bonne marche des services du « Patentamt ». On ne pourrait donc attendre que des résultats illusoires d'une loi qui, en France, instituerait l'examen préalable sans des mesures de tout ordre entraînant l'engagement d'un surcroît de fonctionnaires* (2 *ou* 300 *au moins*), *avec un recrutement spécial, des concours et un organisme approprié.*

Sans nous attarder à proclamer sur ce point l'avantage des organisations étrangeres, nous examinerons sommairement : les *art.* 22 à 25, Section III du Titre II visant les changements, perfectionnements ou additions :

Les *Art.* 26 à 28, Section IV du Titre II visant la transmission et la cession des brevets;

Les *Art.* 29 à 32, Section V, traitant de la publication et de la conservation des brevets: car, en le faisant, nous avons hâte d'arriver à l'*Art.* 33, qui constitue la grande innovation depuis longtemps promise aux inventeurs, et plus loin, à l'*Art.* 48, « *Expropriation* » dont l'immense portée est suffisamment attestée par les débats qui ont eu lieu à la Chambre.

VI. — Changements, perfectionnements ou additions.

Dans les textes ci-après, on remarquera, à côté des *préoccupations fiscales toujours présentes dans notre législation des brevets* : les stipulations visant les droits respectifs des titulaires d'additions, de changements ou de perfectionnements.

Art. 22. — Le breveté ou les ayants droit au brevet auront, pendant la durée du brevet, le droit d'apporter à l'invention des changements, perfectionnements ou additions, en remplissant pour le dépôt de la demande des formalités déterminées par les art. 5 et suivants.

Ces changements, perfectionnements ou additions seront constatés par des certificats délivrés dans la même forme que le brevet principal et qui produiront, à partir des dates respectives des demandes, les mêmes effets que ledit brevet principal, avec lequel ils prendront fin.

Chaque demande de certificat d'addition donnera lieu au paiement d'une taxe de dépôt de 100 francs au profit du Trésor et d'une taxe de publication de 200 francs au profit de l'Office national de la propriété industrielle.

Les certificats d'addition pris par un des ayants droit profiteront à tous les autres.

Les prescriptions des article 18 et suivants relatives au retrait et au sujet des demandes de brevets d'invention s'appliqueront aux demandes de certificats d'addition.

Digitized by Google

C'est la considération des additions indépendamment des brevets qui constitue la matière nouvelle, si intéressante, de l'*Art.* 24, et c'est à des dispositions reprises de la loi de 1844, mais complétées au goût du jour que se réfère l'*Art.* 25 qu'on lira ici à la suite du plus important *Art.* 24 :

Art. 24. — Dans le cas où un brevet sera nul pour défaut de nouveauté, les certificats d'addition ne seront pas atteints par cette nullité, lorsque des changements, perfectionnements ou additions constitueront des inventions qui, considérées en elles-mêmes, auraient pu être valablement brevetées, sous réserve toutefois du paiement à leur échéance des annuités relatives au brevet.

Art. 25. — Quiconque aura pris un brevet pour une découverte, invention ou application se rattachant à l'objet d'un autre brevet, n'aura aucun droit d'exploitation de l'invention déjà brevetée, et réciproquement le titulaire du brevet primitif ne pourra exploiter l'invention, objet du nouveau brevet, sauf l'effet des contrats.

Toutefois, l'inventeur d'un nouveau procédé de préparation d'un produit chimique défini, utilisable ou non en pharmacie, déjà breveté par un premier inventeur, pourra, si le nouveau procédé présente un avantage industriel, obtenir une licence d'exploitation du brevet pris pour le produit, lui permettant d'exploiter son procédé ; à défaut d'entente avec le breveté, les conditions de cette licence seront, s'il y a lieu, fixées suivant la procédure instituée à l'*Art.* 46.

En définitive, l'addition ne meurt plus avec le brevet dont elle dépend, comme l'indique nettement le libellé de l'*Art.* 24, qui fait la nouvelle loi si différente des stipulations de la loi de 1844. Les deux lois que nous opposons se rapprochent en ce qui concerne l'*Art* 25 et la lecture de ce dernier article nous dispense de tout commentaire.

VII. — Transmission et cession des brevets.

La cession des brevets, *Art.* 26, la saisie des inventions, *Art.* 27, et les mêmes traitements séparés désormais applicables aux additions, sont questions assez intéressantes pour que nous reproduisions ici le texte des *Art.* 26 à 28, sans d'ailleurs les commenter, tant la chose nous paraît inutile.

Art. 26. — Tout breveté pourra céder ou donner en gage, en totalité ou en partie, la propriété de son brevet ou la faculté de l'exploiter.

Aucun acte de transmission ou de démembrement de propriété relatif à un brevet ne sera valable à l'égard des tiers qu'après avoir été inscrit sur un registre spécial tenu à l'Office national de la propriété industrielle, où sont mentionnés les noms et adresses des titulaires, cessionnaires ou concessionnaires des brevets, ainsi que toutes les indications et notifications relatifs aux actes affectant la propriété des brevets.

Toutes inscriptions et toutes radiations effectuées sur le registre des brevets donnent lieu à la perception d'une taxe au profit de l'Office national de la propriété industrielle.

L'Office national de la propriété industrielle sera tenu de délivrer à tous ceux qui le requerront, moyennant l'acquittement à son profit d'une taxe spéciale, une copie des inscriptions subsistant sur les brevets donnés en gage ou un certificat constatant qu'il n'en existe aucun.

Seront mentionnées dans le *Bulletin officiel de la propriété industrielle* toutes les mutations de propriété, concessions de droit d'exploitation ou de gage et radiations intervenues sur chaque brevet.

En cas de transmission de la propriété d'un brevet d'invention, l'action en rescision pour cause de cession sera ouverte au vendeur dans les conditions de l'article 1674 du Code civil.

Art. 27. — Tout créancier d'un breveté pourra faire procéder à la saisie du brevet d'invention appartenant à son débiteur, dans les conditions définies pour la saisie-arrêt et la saisie-exécution par le Code de procédure civile et sous réserve des dispositions de l'*Art.* 20 de la loi du 13 mars 1909.

La procédure prévue à l'égard du tiers saisi sera applicable à l'Office national de la propriété industrielle, à l'exception des dispositions relatives à la déclaration affirmative.

Toute saisie frappant un brevet sera notifiée à l'Office national de la propriété industrielle et inscrite sur ses registres, ainsi que le procès-verbal de l'adjudication publique du brevet, à laquelle il serait procédé à la suite du jugement validant la saisie.

Art. 28. — Les cessionnaires du brevet et ceux qui auront acquis d'un breveté ou de ses ayants droit la faculté d'exploiter la découverte ou l'invention jouiront, de plein droit, des certificats d'addition qui seront ultérieurement délivrés au breveté dans la limite des droits qu'il a pu conserver. Réciproquement, le breveté ou ses ayants droit jouiront des certificats d'addition qui seront ultérieurement délivrés aux cessionnaires.

Tous ceux qui auront droit de jouir des certificats d'addition pourront, moyennant l'acquittement d'une taxe au profit de l'Office national, en lever une expédition.

VIII. — Publication et conservation des brevets.

Il n'y a pas lieu non plus de commenter les *Art.* 29 et 32, que leur logique même recommande évidemment à la considération du Sénat et au libellé desquels il sera sans doute apporté peu de modifications.

(*A suivre*). A. Z.

Digitized by Google

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 21 mars 1927.

Sur les Radiophares tournants, par M. André Blondel.

Les dispositifs de doubles rideaux d'antennes pour radiophares d'alignement (1) peuvent servir à construire aussi des radiophares tournants, donnant une précision de relèvement plus grande que les dispositifs essayés jusqu'ici (2) : il suffira de monter sur un chariot tournant à vitesse constante, les deux rideaux d'antennes en échelle ou en grecque, et d'exciter alternativement l'un et l'autre à des intervalles suffisamment rapides pour que le navigateur, connaissant la vitesse de rotation, puisse relever son gisement en notant le moment où il perçoit l'égalité des sons et en le rapportant à l'instant où il perçoit, d'autre part, un son de repérage spécial, émis automatiquement par une antenne indépendante quand le plan bissecteur des deux rideaux tournants passe par un point cardinal de repère (3).

Si l'on produit l'alternance d'émission des deux rideaux d'antennes deux ou trois fois par seconde, pour un appareil tournant à la vitesse d'un tour complet d'horizon en deux minutes, à chaque degré correspondra une alternance; l'erreur sur la détermination de l'égalité des sons pourra atteindre au plus 2 ou 3 degrés; cette précision peut être augmentée si le navigateur note, d'autre part, les instants où il commence à percevoir les émissions du premier pinceau tournant, puis du second, et où il cesse de percevoir les émissions du premier, puis du deuxième pinceau; la moyenne des quatre temps ainsi inscrits est à combiner, avec un coefficient convenable, avec la première détermination.

Les émissions alternatives peuvent être provoquées, comme je l'ai dit dans la précédente Note (4), en excitant alternativement, par un ou deux conducteurs fixes, les côtés horizontaux des deux rideaux placés l'un au-dessus de l'autre. On peut obtenir un résultat analogue en remplaçant les inverseurs par un tambour tournant en matière isolante, placé entre les deux éléments correspondants des deux rideaux et portant, suivant une génératrice, un fil de cuivre relié par deux bagues isolées et par des frotteurs au circuit oscillant générateur; les sons, au lieu de se succéder instantanément, varieront périodiquement entre le maximum et le minimum deux fois par tour de tambour (5).

Les dispositifs des rideaux considérés dans ma précédente Note, qui donnent un double pinceau symétrique à 180° du double pinceau tournant, conviennent aux radiophares situés sur une côte, en alignement droit ou présentant une concavité vers la mer; car, sans risquer une ambiguïté sur l'azimut, on utilisera le double pinceau symétrique émis à 180° au premier en signalant, pendant chaque demi-tour de l'appareil, des points cardinaux de repère affectés exclusivement au demi-tour d'horizon du côté de la mer.

Au contraire, si le radiophare fixe ou tournant est placé sur une partie saillante de la côte, et si l'on craint une erreur de 180° sur la direction, le type de rideau décrit devra être remplacé par un autre type, dont j'ai indiqué le principe en 1902 (1). Il consiste en un réseau plan formé d'une série d'antennes verticales vibrant en quart d'onde, régulièrement espacées dans un plan et excitées par un même oscillateur avec des différences de phase correspondantes à l'intervalle qui les sépare; ces différences de phase sont justement égales aux pertes de phases que subit l'onde d'excitation se propageant depuis le poste émetteur le long d'un fil de connexion horizontal sur lequel sont fixées les antennes, dont les autres extrémités restent libres; cela revient à faire, dans la formule générale des réseaux, rappelée en note, $i = 90°$, d'où

$$\sin = x\frac{n\lambda}{e} - 1,$$

d'où

$$x = \pm\frac{\pi}{2};$$

l'émission a son maximum dans le plan du rideau.

M. Blondlot (2) a montré que pour produire ces excitations de phases décalées, on doit éviter la présence d'onde stationnaire dans le fil de connexion, en fermant le circuit par une grande résistance qui absorbe l'onde réfléchie.

La concentration des ondes s'obtient dans une seule direction lorsqu'on choisit (comme je l'ai indiqué en 1903) un intervalle d'un quart d'onde entre les différentes antennes (3), c'est-à-dire en faisant $e = \frac{\lambda}{4}$. La concentration, produite dans le plan du rideau, est d'autant meilleure qu'il comporte un plus grand nombre d'éléments, et on peut l'améliorer beaucoup, par application du principe général dû à M. Bellini (4), et uti-

(1) Cf. A. Blondel, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 561.

(2) Notamment le radiophare tournant, installé à Douvres par la Société Marconi en 1925, et le rideau en grecque tournant de M. Mesny. Cet auteur a substitué le rideau au radiophare à cadre tournant que le général Ferrié et moi avions mis en essai dès 1919, par application d'un de mes brevets antérieurs (brevet français du 7 décembre 1912).

(3) Cet azimut de repérage pour chaque radiophare sera mentionné dans les répertoires des services hydrographiques, comme toutes les indications relatives à l'éclairage et au balisage des côtes.

(4) *Loc cit.*

(5) Pour que les sons s'annulent franchement, il est bon d'établir les rideaux d'antennes de telle sorte que les ondes qu'ils émettent soient de signes opposés; à cet effet, on dispose le conducteur excitateur entre deux rideaux ayant des formes symétriques, par rapport au plan horizontal mené à égale distance entre eux; d'autre part, il est avantageux d'établir une coupure dans l'élément induit du rideau non utilisé pendant que l'induction sur l'élément correspondant de l'autre rideau passe par son maximum.

(1) Cf. *Congrès de l'Association française ; Congrès d'Angers*, 2, 1903, p. 374. Dans ce mémoire, ainsi que le rappelait récemment M. Bouthillon (*Comptes rendus*, 183, 1926, p. 955), j'ai montré qu'on peut produire des ondes dirigées en transposant simplement dans le domaine hertzien la disposition des réseaux plus employés en optique pour la production d'ondes lumineuses planes dirigées. On trouve dans les traités d'optique (par exemple celui de Mascart, t. I, p. 349-365) l'expression de l'intensité obtenue en fonction du nombre et de l'équidistance des éléments, ainsi que les azimuts dans lesquels il y a concentration des ondes principales et secondaires émises par le réseau; quand les éléments sont très nombreux, les angles d'émission des faisceaux sont déterminés en fonction de l'incidence i, du pas d'espacement e des éléments, de leur rang n, de l'angle d'émission x et de la longueur d'onde λ par la relation bien connue.

$$\sin i + \sin x = \frac{n\lambda}{e},$$

ou, si l'on appelle δ la différence de marche entre deux éléments émetteurs,

$$\delta + e\sin x = n\lambda;$$

cette relation s'applique sans changement au rideau d'antennes suffisamment nombreuses, M. Bouthillon a donné un exposé complet de la question dans un Mémoire récent (*L'Onde électrique*, 5, 1926, p. 577).

(2) Cf. Blondlot et Dufour, *Comptes rendus*, 114, 1892, p. 347.

(3) On doit à M. de Bellescize (*Radioélectricité*, 4, 1923, p. 115) d'intéressantes recherches plus récentes sur ce dispositif d'antennes.

(4) Cf. Bellini, *The Electrician*, 125, 1914, p. 26, cité et complété dans l'*Onde électrique*, 5, 1926, p. 475.

Digitized by Google

lisé aussi par M. Mesny et M. Bouthillon (1), en réglant l'amplitude d'oscillation de chaque petite antenne (2), proportionnellement à certains coefficients déduits du binôme de Newton.

Cette résistance est à intercaler entre l'extrémité du conducteur distributeur alimentant les antennes et un autre conducteur horizontal formant retour à l'autre pôle de l'oscillateur. On peut avantageusement doubler le dispositif en alimentant, par le conducteur de retour, une seconde série d'antennes en quart d'onde, symétriques des premières par rapport au plan horizontal de symétrie, mené à égale distance entre ces deux conducteurs. Ces derniers forment ainsi une boucle, et les rideaux peuvent être à l'intérieur ou à l'extérieur de la boucle, pourvu que la distance entre les extrémités libres des antennes symétriques soit très faible ou voisine de $2n\frac{\lambda}{4}$.

Au lieu de la méthode d'égalisation de deux sons alternatifs, on peut employer la méthode de zéro (si l'on se contente d'une moindre précision) en excitant simultanément les deux rideaux d'antennes en opposition de phase.

Sur les propriétés électriques de quelques proposés métalliques, par M. André.

Il résulte d'une série d'observations que certaines combinaisons d'un métal avec du soufre et du phosphore présentent des changements de composition spontanés, ou facilement provocables par des agents physiques à action faible.

Les composés argent-soufre ou argent-phosphore, par exemple, sont capables d'absorber une certaine quantité de soufre ou de phosphore fondus à basse température.

Après cette sorte de saturation, ils acquièrent au point de vue de la résistance ohmique un coefficient de température négatif, élevé et variable, diminuant à partir d'une certaine température.

Le composé soufre-argent, le plus remarquable à ce point de vue, fournit les valeurs suivantes, susceptibles de varier considérablement avec le rechargement du soufre.

Ces valeurs sont obtenues avec un barreau de 14 mm² de section et 50 mm de long.

t.	R.	t.	R.	t.	R.
°C	ω	°C	ω	°C	ω
25. . . .	150	100 . . .	108	210 . . .	17
30. . . .	142	110 . . .	99	220 . . .	15
40. . . .	138	115 . . .	95	250 . . .	14
50. . . .	136	125 . . .	86	240 . . .	10
55. . . .	134	140 . .	73	250 . . .	8
65. . . .	129	150 . . .	59	260 . . .	5,6
70. . .	127	160 . .	54	270 . . .	4,6
75. . . .	125	170 . . .	48	280 . . .	3,7
80. . . .	123	180 . . .	28	290 . . .	3
85. . . .	121	190 . . .	25	300 . . .	2
95. . . .	118	200 . . .	21		

t est la température, R la résistance ohmique.

La loi de variation est sensiblement la même pour divers degrés de rechargement en soufre, mais la résistance à froid peut être plusieurs fois celle mesurée dans cet essai, et la résistance à chaud plusieurs fois plus petite. Une technique appropriée donne des échantillons stables et convenables, permettant un grand nombre d'applications industrielles.

Jusqu'à 100° C le produit ne se modifie pas. Au-dessous, il faut l'entretenir dans un état stable par enrobement permanent de soufre.

La forme du courant employé influe sur la composition, c'est ainsi que le courant continu déplace lentement l'argent. Le courant alternatif, à basse température, semble passer sans action apparente.

(1) Ch. Bouthillon, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 955.

(2) Ce réglage pourra être fait en diminuant un peu la hauteur des antennes dont on veut affaiblir l'émission.

Sur les constantes d'un quadripôle passif, par M. Vaulot.

Nous appelons *quadripôle passif* un assemblage quelconque de circuits électriques *ne contenant aucune source d'énergie électrique*, et comportant quatre bornes, dont deux sont appelées *bornes d'entrée* et les deux autres *bornes de sortie*.

Appelons :

V_1 et I_1, les tensions et intensité aux bornes d'entrée;

V_2 et I_2 les tension et intensité aux bornes de sortie.

On sait que les quantités V_1, I_1, V_2, I_2, sont liées par des relations de la forme.

$$(1)\qquad \begin{cases} V_1 = AV_2 + BI_2. \\ I_1 = CV_2 + DI_2. \end{cases}$$

A, B, C, D sont quatre constantes satisfaisant à la relation.

$$(2)\qquad AD - BC = 1.$$

Des relations, vraies en courant continu permanent, le restent en courant alternatif sinusoïdal d'une fréquence déterminée au moyen d'une méthode qui représente par des imaginaires les quantités qui varient suivant une loi sinusoïdale ; les quantités A, B, C, D, qui entrent dans (1) et (2) sont alors imaginaires.

Nous nous proposons de traiter la question suivante :

Peut-on construire un quadripôle qui admette quatre constantes A, B, C, D *ayant des valeurs données?*

Nous supposons, bien entendu, que ces constantes satisfont à la condition (2).

Posons

$$\begin{aligned} A &= a + ja', \\ B &= b + jb', \\ C &= c + jc', \\ D &= d + jd', \end{aligned}$$

a, b, c, d, a', b', c', d' étant des quantités réelles et j le symbole des imaginaires.

Formons le quadripôle sur une impédance $R + jX$, dont la partie réelle R ne peut pas être négative. Exprimons que la puissance moyenne à la sortie est toujours inférieure ou égale à la puissance moyenne à l'entrée. On trouve que l'expression

$$(ac + a'c')X^2 + 2(ad' - bc')X + (ac + a'c')R^2 + \\ + 2(bc + a'd')R + bd + b'd'$$

doit être positive ou nulle pour toutes les valeurs de R supérieures ou égales à zéro et pour toutes les valeurs X. On trouve que les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'il en soit ainsi sont

$$(3)\quad bc + a'd' \geqq 0, \qquad ac + a'c' \geqq 0, \qquad cd + c'd' \geqq 0 \\ ab + a'b' \geqq 0, \qquad bd + b'd' \geqq 0.$$

Ces trois conditions ne sont d'ailleurs pas indépendantes si l'on tient compte des relations

$$(4)\qquad \begin{cases} ad - a'd' - bc + b'c' = 1, \\ ad' + a'd - bc' - b'c = 0, \end{cases}$$

qui expriment la relation (2).

Ces formules (3) et (4) définissent, entre les variables V_2, I_2, et les variables V_1, I_1, des transformations dont l'ensemble constitue un groupe, sous-groupe de première espèce du groupe spécial linéaire homogène.

Les relations trouvées sont d'ailleurs suffisantes.

Si A, B, C, D sont réels, elles expriment que ces quatre constantes sont de même signe, qu'on peut supposer positif. Le

Digitized by Google

quadripôle est alors facilement réalisable, par exemple au moyen d'un H contenant trois résistances réelles et précédé au besoin d'un transformateur parfait.

Le quadripôle le plus général, ayant quatre constantes A, B, C, D complexes, se construit en partant d'un quadripôle où ces constantes sont réelles, en le shuntant à l'entrée et à la sortie au moyen d'impédances purement imaginaires et en plaçant en outre à l'entrée une autre impédance purement imaginaire.

Remarque. — On sait qu'on peut caractériser le quadripôle au moyen d'autres constantes que A, B, C, D. Les conditions trouvées précédemment prennent alors une forme plus ou moins simples.

Ainsi, si l'on pose.

$$V_1 = M_1 I_1 + N I_2, \qquad V_2 = N I_1 - M_2 I_2$$

et si l'on désigne respectivement par m_1, m_2, n les parties réelles et par m'_1, m'_2, n' les parties imaginaires de M_1, M_2, N, les cinq conditions (3), précédemment trouvées, équivalent respectivement aux suivantes :

$$m_1 m_2 - n_2 \geq 0, \qquad m_1 \geq 0, \qquad m_2 \geq 0.$$
$$m_1 n'^2 - 2 m'_1 n n' - m_1 n^2 + m_2 (m_1^2 + m'^2_1) \geq 0,$$
$$m_2 n'^2 - 2 m'_2 n n' - m_2 n^2 + m_1 (m_2^2 + m'^2_1) \geq 0.$$

On constate facilement que les trois dernières de ces conditions sont des conséquences des deux premières.

Electrolyse des dissolutions aqueuses d'acide oxalique pur, par M. E. Doumer.

On admet que, dans l'électrolyse des oxalates, l'ion oxalique se décompose entièrement, au moment de sa libération au pôle (+), en CO^2 qui se dégage. Cette réaction est à *peu près* vraie pour les oxalates neutres, mais elle ne l'est pas du tout pour les oxalates acides et surtout pour l'acide oxalique. En effet, pour les dissolutions pures d'acide oxalique, j'ai trouvé que l'électrolyse donne toujours au pôle (+) un mélange de CO^2 et de O^2, en proportions variables, il est vrai, mais dont l'oxygène forme une part importante et souvent fort prédominante. Ce mélange contient aussi parfois des traces d'oxyde de carbone et toujours une petite proportion d'un gaz inerte, que ses propriétés chimiques négatives et sa faible quantité n'ont pas encore permis de caractériser.

Dans les expériences qui suivent, où je me suis proposé d'étudier les phénomènes qui se passent au pôle (+) dans l'électrolyse des solutions d'acide oxalique pur, l'effet chimique total a toujours été mesuré par le volume d'hydrogène qui se dégage dans un voltamètre à gaz tonnant placé en série dans le circuit.

Les résultats obtenus sont contenus dans le tableau suivant où, pour la facilité de la comparaison, les volumes de CO^2 et de O^2 dégagés à l'anode ont été ramenés au même effet chimique uniforme correspondant à un dégagement d'hydrogène voltamétrique de 100 cm³. La première colonne de ce tableau contient les numéros d'ordre des expériences; la deuxième, le poids en gramme d'acide oxalique contenu dans la dissolution; la troisième, l'intensité du courant en milliampères; la quatrième, la densité du courant en milliampères par millimètre carré; la cinquième, le volume de l'acide carbonique, et la sixième, le volume de l'oxygène recueilli à l'anode. Bien entendu, les volumes de CO^2 sont rendus très incertains par suite de la grande solubilité de ce gaz dans l'eau; je ne les donne d'ailleurs que pour mémoire.

NUMÉROS d'ordre.	TITRES	INTENSITÉS	DENSITÉS	GAZ ANODIQUES	
				CO^2.	O^2.
1	20	10	1,20	2,2	46,0
2	20	4	0,48	2,0	30,0
3	20	1,5	1,97	1,6	48,0
4	4	47,5	5,66	3,8	48,0
5	4	0,75	0,09	80,5	24,0
6	4	3	0,35	18,9	24,0
7	20	90	1,45	4,0	44,0
8	20	12	0,19	55,5	32,0
9	20	115	1,85	3,6	44,0

L'électrode était formée d'un fil de platine de $\frac{3}{10}$ ayant, suivant les cas, 66mm et 8mm,9 de longueur.)

On remarque : 1° Que dans toutes ces expériences il y a eu un dégagement d'oxygène relativement important :

2° Que cette proportion d'oxygène varie dans le même sens que la densité du courant;

3° Qu'elle oscille entre les deux limites 25 et 50 environ, soit entre le quart et la moitié du volume de l'hydrogène voltamétrique (100 cm³).

Explication. — La présence de O^2 dans le mélange anodique ne peut guère s'expliquer par la décomposition de l'eau par l'ion oxalique, car cette réaction supposerait l'intervention d'une énergie étrangère qui n'apparaît à aucun moment de l'expérience. On ne comprendrait d'ailleurs pas pourquoi cet ion aurait ou n'aurait pas la propriété de décomposer l'eau suivant qu'il provient de l'acide oxalique ou d'un oxalate, alors que dans les deux cas il se trouve abondamment entouré d'eau. On ne comprendrait pas non plus que, dans l'électrolyse de l'acide oxalique, cette propriété variât dans les limites que j'ai indiquées et surtout qu'elle fût plus marquée lorsque la densité du courant est plus forte; il semblerait que le contraire fût plus facilement admissible.

Ce phénomène s'explique au contraire très simplement si l'on admet que, dans les solutions aqueuses d'acide oxalique, l'eau est elle-même ionisée assez fortement et que les ions oxaliques et les ions $\overline{OH}$ provenant de l'eau réagissent les uns sur les autres lorsqu'ils se dégagent ensemble dans le voisinage les uns des autres, dans la même sphère d'action, pourrait-on dire. Dans ces conditions, trois cas peuvent se présenter :

1° Les ions oxaliques se dégagent en même temps que des ions $\overline{OH}$ et dans le voisinage les uns des autres; on pourra alors avoir la réaction

$$(1) \qquad \begin{matrix} COO + OH \\ | \\ COO + OH \end{matrix} = \begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} = O^2 \nearrow$$

qui thermochimiquement est possible. Il y aurait reconstitution d'une molécule d'acide oxalique et dégagement d'oxygène; le dégagement de CO^2 serait nul. Avec cette réaction, si elle était générale on aurait justement un dégagement d'oxygène qui serait égal à la moitié du volume de l'hydrogène voltamétrique.

2° Si par suite d'une très grande dilution ou d'une très faible densité du courant, ces ions ne se dégageaient pas dans la même sphère d'action, les ions oxaliques, se dégageant seuls, se décomposeraient purement et simplement en CO^2. De leur côté, les ions de l'eau donneraient de l'eau avec dégagement de la moitié de leur oxygène. Dans ce cas, le volume d'oxygène recueilli serait justement la moitié de celui fourni par la réaction (1), c'est-à-dire le quart du volume de l'hydrogène voltamétrique.

3° Enfin, si les deux réactions qui précèdent interviennent ensemble, on aura un dégagement d'oxygène qui sera compris entre le quart et la moitié du volume de l'hydrogène voltamétrique.

C'est justement ce que nous donnent les expériences précédentes. Il semble donc que, du moins dans les solutions que j'ai employées, l'eau est ionisée dans la proportion d'environ 2^{mol} pour une d'acide oxalique, c'est-à-dire que si dans une solution il y a, par exemple, 88 g d'acide oxalique ionisé, il y aura 32 g d'eau également ionisée.

Digitized by Google

REVUE DE LA PRESSE

STATIONS CENTRALES

La vapeur dans les centrales électriques. (*E. T. Z.*, 10 février 1927, page 181, d'après Ph. Scholtes, Z. VDI, 1926, pages 685 et suivantes.) — Les progrès réalisés dans l'emploi de la vapeur comme force motrice dans les centrales électriques ont amené des changements, surtout au point de vue dimensions, dans les diverses parties dont elles sont constituées.

Les machines motrices ont augmenté de puissance dans des proportions énormes : la plus puissante turbine en service en Allemagne fournit 50 000 kw, les plus récentes parviennent à 70 000 kw (2 arbres) ; en Amérique, 160 000 kw (2 arbres) sont réalisés et des turbines de 200 000 kw (2 arbres probablement) sont commandées. De telles dimensions sont impossibles à réaliser en Allemagne en raison du gabarit des chemins de fer.

La chaudière reste loin en retard derrière cette avance : les premières chaudières, réellement, de grande puissance (1600 m²) sont à peine installées dans la nouvelle centrale de Rummelsburg que déjà la puissance des chaudières a environ triplé, et leur puissance spécifique a crû d'autant plus rapidement que la consommation de vapeur des machines s'est abaissée alors que le débit admissible par m² de surface de chauffe a augmenté considérablement. Auparavant, une chaudière de 250 m² de surface de chauffe pouvait fournir environ 500 kw ; un générateur moderne de 500 m² de surface de chauffe est à même de produire 3000 kw et ces chiffres augmentent encore de 20 à 25 pour 100 avec le chauffage au charbon pulvérisé. Au point de vue technique, la chaudière n'a pas fait les progrès qu'ont réalisés les autres parties des installations, les constructeurs s'en étant tenus aux types courants de construction et équipant encore actuellement leurs chaudières avec de puissantes maçonneries au lieu de prendre modèle sur la chaudière du type « marine de guerre », prévue pour débit très fortement variable et à mises sous pression ou hors service très rapides. Il existe de rares exceptions. La surface couverte s'est de plus en plus réduite et est passée, pour 1000 m² de surface de chauffe, de 350/400 m² à 120/150 m² ; les chaudières de grande puissance passeront encore en ce sens de façon à réduire les distances. Le gain d'encombrement permettra de réaliser des voies plus éclairées et aérées dans la chaufferie ; la cave aux cendres sera plus haute et plus nette. Ce sont malheureusement différents accidents, profondément tristes, qui ont amené à améliorer la fabrication des chaudières. L'attention a été attirée sur les légères criques des trous de rivets qui mettent en danger la résistance du caisson ; une explication, admise à l'unanimité, de leur formation n'a pas encore été trouvée. Les travaux de Bachs ont contribué à faire reconnaître qu'une forme défectueuse des fonds de caissons (rayon trop faible des rebords) pouvait donner lieu à des criques des bordures et à des explosions.

Si la construction des chaudières à vapeur n'avait été, dans toutes les écoles techniques, aussi profondément négligée, on n'en serait pas à ce point.

De grands progrès ont été faits en ce qui concerne les soins à donner à l'eau d'alimentation ; leur importance a été de plus en plus reconnue et on parvient alors à une augmentation considérable de la durée du service ininterrompu. Le service des chaudières est assuré de plus en plus automatiquement ; une puissance de 1000 kw exigeait environ 20 hommes de service auparavant, deux à quatre actuellement, personnel qui peut encore être réduit avec le chauffage au charbon pulvérisé. Les chaudières sont maintenant munies de multiples appareils de contrôle, la plupart électriques.

Une centrale moderne arrive, par suite des progrès réalisés, à produire le kw-h avec 60 pour 100 des calories exigées il y a 5 ou 10 ans ; son rendement thermique atteint celui du moteur Diesel. C. E.

QUESTIONS THÉORIQUES

Étude préparatoire d'une ligne aérienne à très haute tension. (*Elektrotechnick und Maschinenbau.*) — Quand on établit le projet d'une ligne aérienne à très haute tension, la première préoccupation doit être de l'établir de manière à éviter autant que possible les pertes par effet corona ; il ne faut pas que la tension de service dépasse la tension critique à laquelle se produit l'effet corona. Cette dernière dépendant de la distance entre les conducteurs, du rayon extérieur de ceux-ci, de leur état de propreté, de l'état du temps et de la pression barométrique.

La tension critique, d'après l'ingénieur américain Teak, et d'après des essais entrepris dans les laboratoires à haute tension de la Société Siemens Schukert est donnée par la relation :

$$V_0 = C_1 . C_2 . m . 21{,}1 . S . r . 2{,}3 \log . \frac{L}{r},$$

dans laquelle V_0 est la tension critique en kilovolts.

C_1, un coefficient égale à 1,73 pour une ligne triphasée et à 2 pour une ligne à deux conducteurs ; C_2, un coefficient égale à 1, quand il fait beau et à 0,8 par mauvais temps ; m un coefficient qui tient compte de l'état de la surface du conducteur, $m = 1$ pour un fil dont la surface est polie, $m = 0{,}95$ à $0{,}98$ pour un conducteur dont la surface est rugueuse, et $m = 0{,}85$ à $0{,}87$ pour un câble ; S un coefficient qui tient compte de la pression barométrique et de la température, $S = \frac{3{,}92.b}{275 + t}$ b. pression barométrique en centimètres et t température en degrés centigrades ; r le rayon du conducteur en centimètres et L la distance, en centimètres entre conducteurs.

On peut par approximations successives déterminer la distance L entre conducteurs, pour que la tension critique, 1000 V_0, soit égale ou plus forte, par mauvais temps, que la tension de service. M. J. Scherber, ingénieur de la Société Siemens Schuckert, a construit un nomogramme, qui permet de trouver graphiquement la distance entre conducteurs répondant à une tension de service donné.

Quand la tension de service de U kilovolts, dépasse la tension critique de V_0 kilovolts, la perte par effet corona est donnée d'après Peek, en kilowatts par kilomètre par la relation :

$$\frac{344}{10} \cdot \frac{F}{S} \sqrt{\frac{r}{L}} (U - U_0)^2,$$

relation dans laquelle F est la fréquence et S, r et L ont les valeurs indiquées précédemment. F. L.

TRACTION ÉLECTRIQUE

Locomotive électrique à moteur Diesel et boîtes de vitesses. (*E. T. Z.*, 17 mars 1927, page 365, d'après *Ann. Gen. u. Bauw.*, tome 99, p. 39.) — Depuis déjà plus d'un an une locomotive électrique à moteur Diesel, d'une puissance de 1200 ch, fait ses preuves et assure un service de trains de marchandises sur les lignes desservant Moscou. Actuellement, une nouvelle machine aussi puissante, construite également en Allemagne, est terminée ; elle a été exécutée d'après les données du professeur Lomonossoff.

Du type 1—E—1, cette locomotive comporte un moteur Diesel tournant, au maximum, à 450 t : min qui entraîne, par

Digitized by Google

l'intermédiaire d'un embrayage électromagnétique, l'arbre d'une boîte de vitesses; le passage des 3 vitesses est à commande électromagnétique.

L'utilisation du combustible surpassait déjà, dans la locomotive électrique à moteur Diesel, de 4 à 4,5 fois celle obtenue dans la locomotive à vapeur; elle atteindra 5 fois cette valeur dans la locomotive ci-dessus, à changement de vitesses.

Si cependant le développement des locomotives à moteur Diesel s'est trouvé gêné par le poids relativement élevé de ce dernier (24 kg : ch env.), il n'y a pas de doute que, sous peu, le problème du moteur Diesel à grande vitesse sera résolu, même pour les installations à poste fixe, et le poids du moteur sera considérablement réduit (10 kg : ch env.). La locomotive à moteur Diesel deviendra un concurrent très sérieux pour la locomotive à vapeur et même pour la locomotive électrique, notamment pour les lignes en palier et à faible trafic.

C. F.

TRACTION

Electrification des chemins de fer suburbains de Sydney. (*World Power*, mars 1927.) — L'ensemble de ce projet, dont l'exécution doit être terminée à la fin de l'année 1930, comporte 350 km de voie double. L'alimentation aérienne est faite par trolley sous 1500 v en courant continu.

Les réseaux à haute tension transportent l'énergie sous 2 fréquences différentes, leur interconnexion étant faite à travers un convertisseur de fréquence prévu pour 7500 kw. Les câbles à haute tension sont fixés par attaches rigides, supportés par des isolateurs de porcelaine moulés sous gouttières isolantes, l'ensemble étant enrobé de bitume. Les équipements des sous-stations ne sont pas encore normalisés. La station centrale comporte de grosses unités de convertisseurs rotatifs simples, débitant à la fréquence 25 per : sec, 4 unités de chacune 15 000 kw sont déjà installées. Certaines sous-stations du réseau à 50 per : sec comportent des groupes jumellés de chacun 2 convertisseurs de 750 kw, en série; 3 redresseurs à vapeur de mercure de 1500 kw de puissance sont en cours de montage. Tous les transformateurs de sous-stations sont du type plein air, et les équipements sont munis de systèmes de démarrage automatique.

Les convertisseurs rotatifs sont compensés pour donner une tension normale à vide et à 50 pour 100 de surcharge; cette caractéristique est en opposition très nette avec la tendance américaine actuelle préconisant, pour les chemins de fer, l'emploi de convertisseur à enroulement shunt. La majorité des sous-stations est prévue pour fonctionner sans aucune surveillance.

J. M.

ÉLECTROCHIMIE

La déposition électrique du caoutchouc. (*World Power*, mars 1927.) — Une compagnie américaine serait sur le point d'exploiter la déposition électrique du caoutchouc, en acquérant les brevets anglais qui s'y rapportent. En 1906, Henri avait trouvé que les particules de caoutchouc en suspension colloïdale dans un sérum possédaient une charge négative susceptible de permettre leur transport d'une cathode vers une anode, sous le passage d'un courant continu. Cette observation fut appliquée une ou deux années plus tard au déplacement du caoutchouc contenu dans une liqueur, vers une anode mobile. On obtenait ainsi du caoutchouc brut, et l'on ne pensa rien pouvoir tirer d'autre de ce procédé, qu'un moyen de coaguler cette matière pour en rendre l'expédition plus facile.

En 1922 et 1923, cependant, Alein, en Hongrie, et Sleppard et Eberlin aux États-Unis, remarquèrent que si des ingrédients de caoutchouc travaillé étaient adjoints à la liqueur, ils pouvaient se déposer uniformément sur une anode utilisée comme moule. Le dépôt peut ensuite se vulcaniser parfaitement, si l'on ajoute aux ingrédients accessoires de la liqueur initiale, le soufre nécessaire à cette opération. Jusqu'alors, il ne semble possible d'obtenir que de faibles couches de caoutchouc fini, cette matière se comportant, en effet, comme un isolant; une autre difficulté provient des risques de formation d'oxygène à l'anode, qui rendrait le caoutchouc spongieux. Ce procédé sera probablement intéressant pour abaisser le prix des matériaux en feuilles minces de caoutchouc, et pour le recouvrement des surfaces métalliques ou autres.

J. M.

DIVERS

Le développement de l'électricité dans les divers pays du monde. — *Commerce Reports* fournit sur la question des statistiques intéressantes, qu'on trouve analysées dans l'*Electrical Review* du 31 décembre 1926 auxquelles nous empruntons les chiffres suivants.

Les tables de *Commerce Reports* sont établies pour des exercices de six mois, et indiquent la population des divers pays considérés, le nombre de foyers correspondants, le nombre de consommateurs abonnés à l'électricité et la proportion en pour 100 des foyers installés électriquement.

On trouvera reproduit ci-dessous un des derniers tableaux contenant ces données statistiques; la colonne A correspondant au pays, la colonne B au chiffre de population, la colonne C au nombre total des foyers correspondants et D à la proportion en pour 100 des maisons comportant l'électricité.

a PAYS	*b* POPULATION	*c* MAISONS pour 1000.	*d* pour 100.
Belgique	7.466.000	1,600	30,7
Tchéco-Slovaquie	13.611.000	3,500	20,0
Danemark	3.268.000	750	72,0
Esthonie	1.107.000	252	38,5
Finlande	3.367.000	700	17,2
France	39.210.000	9.345	21,4
Allemagne	59.853.000	14.700	20,4
Grèce	5.168 000	1.200	1,0
Latvie	1.503.000	293	34,2
Lithuanie	2.293.000	269	9,3
Pays-Bas	6.865.000	800	30,0
Pologne	27.558.000	3.293	12,1
Espagne	21.347.000	3.650	27,4
Suisse	3.880.000	415	96,5
Canada	8.788.000	1.873	62,3
Guatemala	2.451.000	32	27,1
Mexique	15.501.000	2 500	10,0
Argentine	8.699.000	1.200	26,7
Colombie	5.855.000	900	5,2
Équateur	2.000.000	280	15,3
Paraguay	1 000.000	88	4,6
Uruguay	1.529 000	320	26,5
Japon	59.956.000	10.856	75,4
Australie	5.992.000	1.107	41,0
New Zealand	1.547.000	260	59,0
Sud Afrique anglaise	6.929.000	208	45,6
Égypte	13.551.000	300	18,0

On voit que la France occupe un rang moyen dans le tableau, mais qu'elle vient après la Belgique et que certains pays beaucoup moins importants font meilleure figure pour des raisons particulières qu'il est facile de comprendre.

Parmi ces pays favorisés la Suisse tient la tête avec une proportion de 96,5 pour 100, le Japon la suit immédiatement avec une proportion de 75,4 pour 100, le Danemark vient au troisième rang avec 72 pour 100, le Canada a le quatrième rang avec 62,5 pour 100, mais il semble que le tableau soit susceptible d'être légèrement modifié par certains pays qui paraissent avoir été omis (notamment les Etats-Unis, qui seront bien offensés d'avoir été oubliés alors qu'il s'agit d'un record à battre en électricité).

Z.

L'Éditeur-Gérant : A. Lahure

94 652. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris — 1927

Digitized by Google

36e Année. — N° 839. 10 Juin 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTEUR EN CHEF
ALFRED SOULIER
Le 2e vendredi de chaque mois de 15 h. à 16 h.

ABONNEMENTS
Paris et Départements : 30 francs par an.
Union postale : 40 francs par an.

ADMINISTRATION
9, rue de Fleurus, 9. — (Paris VIe)
TÉLÉPHONE
Ségur 04-23 et Ségur 04-44.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction au Rédacteur en Chef, 9, rue de Fleurus.

Pour toute demande de numéros de L'Industrie Électrique *on est prié de joindre, à la demande, le montant de l'envoi, en timbres-poste ou en mandat postal.*

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — Voyage de la Société française des Electriciens aux mines du Nord. — Locomotive électrique à moteur Diesel de 750 kw. — Les nouvelles chaudières à vapeur à 110 kg : cm². 241

LA PRODUCTION DES COURANTS DE HAUTE FRÉQUENCE UTILISÉS EN T. S. F. A. B. 243

QUELQUES ASPECTS DE LA QUESTION DES APPELS SIMULTANÉS DANS UN MÊME CENTRAL EN TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE (*suite et fin*). J. M. 245

LA NOUVELLE LÉGISLATION DES BREVETS DEVANT LE PARLEMENT (*suite*). A. Z. 250

MESURE DE LA PUISSANCE OU DE L'ÉNERGIE RÉACTIVE D'UN RÉSEAU TRIPHASÉ. G. Poux. 255

REVUE DE LA PRESSE. — *Traction électrique :* Les nouvelles locomotives de 4500 ch du chemin de fer du Lötschberg. — La transmission des signaux aux trains en marche. — *Magnétisme* : La stabilité magnétique des aimants permanents. — *Divers :* Un nouveau câble sous-marin France-Angleterre. 262

La reproduction des matières contenues dans L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE sans citation de ce journal est interdite.

Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus.

INFORMATIONS

Voyage de la Société française des Electriciens aux mines du Nord. — La Société française des Électriciens avait organisé les 30, 31 mai et le 1er juin une visite aux principales installations électriques des mines du Nord et du Pas-de-Calais récemment mises en service après les reconstructions nécessitées par la guerre.

Ce voyage, qui fut remarquablement organisé, laissera dans la mémoire de tous ceux qui y prirent part un souvenir inoubliable.

Le lundi 30 mai eurent lieu les visites de l'usine centrale électrique de Thiers des mines d'Anzin ainsi que les installations d'extraction électrique de la fosse Thiers.

Nous ne pouvons dans ce court compte rendu passer en revue les choses remarquables qu'il nous a été permis de voir, signalons cependant à propos de la centrale Thiers l'application au chauffage des chaudières du charbon pulvérisé qui donne d'excellents résultats. Les mines ont ainsi le moyen d'utiliser sur place les « fines », c'est-à-dire le charbon en poussière qui n'est pour ainsi dire pas transportable et qui constitue cependant une quantité non négligeable dans une exploitation minière. Ce qui frappe le plus le visiteur c'est de voir, entre le bâtiment des chaudières et le bâtiment où se fait la pulvérisation complète et le séchage du charbon, trois tuyaux qui ont l'air relativement petits et qui assurent cependant, grâce à un soufflage énergique à l'air comprimé, la vaporisation dans une batterie de chaudières dont la production correspond à plusieurs milliers de kilowatts.

Le lendemain 31 mai, après la visite à Douai des installations de halage électrique sur canaux, eut lieu le départ pour les mines de Dourges et Hénin-Liétard.

Ces installations très modernes réunissaient l'ensemble des perfectionnements qui ont été décrits ici même. Le soir la visite de la centrale des mines de Courrières et de deux principales fosses complétèrent pour les visiteurs la technique de l'électrification des mines.

Le 1er juin eut lieu le matin la visite des installations de la Compagnie des Mines de Nœux sous l'intelligente direction de M. MATHIVET, ingénieur en chef, puis l'après-midi celle des mines de Marles près de Béthune, toutes deux extrêmement intéressantes à voir.

Digitized by Google

Ce trop court exposé serait incomplet s'il ne signalait l'inlassable dévouement de M. Grosselin, délégué général de la Société française des Électriciens, qui avait bien voulu se charger de la partie matérielle de ce voyage. Grâce à lui et aux concours dévoués de M. Mathivet, ingénieur en chef à la Compagnie des Mines de Nœux, de M. Conge, ingénieur en chef de la Société Electrique du Nord-Ouest à Béthune, qui voulurent bien obtenir soit le logement, soit le transport des membres de la Société et même les recevoir, ce voyage ne fut pour ceux qui y prirent part qu'une succession de visions agréables. Nous manquerions à notre devoir si nous n'adressions également nos remerciements aux Compagnies des Mines d'Anzin, de Dourges et de Marles qui voulurent bien retenir les excursionnistes à déjeuner. Il ressort de cette courte visite que les mines françaises possèdent aujourd'hui un outillage électrique de premier ordre qui fait le plus grand honneur à ceux qui l'ont organisé. A. S.

Locomotive électrique à moteur Diesel de 750 kw. (*E. T. Z.*, 27 janvier 1927, page 113.) — Cette locomotive est la plus puissante actuellement construite aux Etats-Unis.

Elle est légèrement inférieure, en puissance, à la locomotive de même type exécutée en Allemagne pour le compte de la Russie, mais présente des particularités intéressantes dans sa construction et dans son installation de force motrice.

Caractéristiques générales :

Longueur totale entre barres d'accouplement.	en mm.	15.950
Empattement total.	—	11.700
Empattement par bogie.	—	3.860
Hauteur maximum	—	4.450
Largeur maximum.	—	3.175
Poids en ordre de marche	en tonnes.	124,5
Poids adhérent.	—	81,5
Pression par essieu moteur.	—	20,4
Longueur du châssis.	en mm.	8.500

Châssis en poutres composées de 500 mm de hauteur, en acier; il s'arrête aux axes d'orientation des bogies; à chaque extrémité la salle des machines déborde en porte-à-faux sur le châssis. Les bogies portent les pièces de tête et d'accouplement inter-bogies : ils ont chacun trois essieux, les deux extrêmes seuls étant moteurs et entraînés par des moteurs à suspension articulée de 200 ch de puissance.

Le moteur Diesel, d'une construction inusitée, est à deux temps, sans compresseur, possède deux blocs de trois paires de cylindres, de 247 mm d'alésage et de 342 mm de course, disposés en V renversé (Λ), l'angle au sommet du V étant de 16°; il fournit, à 450 t : min, une puissance de 1000 ch. Les cylindres de chaque branche du V travaillent respectivement sur un vilebrequin et ces deux arbres entraînent, par l'intermédiaire d'engrenages coniques, l'arbre de la dynamo auto-ventilée qui, tournant à 1200 t : min, fournit 750 kw, sous 750 v. Chaque paire de cylindres n'a qu'une seule chambre de combustion alimentée par un unique injecteur de combustible. Les pistons alignés sur un côté de la machine ont une légère avance par rapport à ceux de l'autre ligne de façon à commander l'ouverture de l'orifice de balayage pour obtenir une expulsion aussi complète que possible des gaz brûlés. La ligne des pistons possédant l'avance est le côté échappement; l'autre ligne avec retard est le côté balayage. Le même principe est appliqué par les ateliers autrichiens « Puchwerke » à leurs petits moteurs deux temps, à grande vitesse, pour motocyclettes et assure, par suite de l'action, un sens unique des courants gazeux, un balayage parfait et un facteur de remplissage élevé. Deux réfrigérants en circuit fermé, disposés chacun à une extrémité de la locomotive, assurent le refroidissement de l'eau nécessaire au refroidissement du moteur. Deux ventilateurs assurent la fourniture de l'air aux réfrigérants. Trois compresseurs donnent l'air comprimé à 5 kg : cm² nécessaire aux dispositifs de freinage et de commande.

Un petit moteur à essence peut être accouplé sur l'un des compresseurs de façon à obtenir l'air comprimé à 8,5 kg : cm² indispensable pour le démarrage du moteur Diesel.

La dynamo possède une excitatrice spéciale montée en bout d'arbre.

La variation de vitesse des quatre moteurs de 200 ch s'obtient par réglage de l'alimentation du moteur Diesel et réglage de la tension d'excitation du groupe générateur. La machine, en service depuis neuf mois, consomme, en moyenne, en remorquant un convoi de 1000 t, 7,81 g : t km, sur une ligne de 60 km, dont les trois quarts du trajet sont des rampes de 7 pour 1000 à une vitesse de 26 km : h. C. F.

Les nouvelles chaudières à vapeur à 110 kg : cm². (*E. T. Z.*, 24 février 1927, pages 251-252.) — On sait que l'on tend de plus en plus à accroître la pression de la vapeur en vue d'un meilleur rendement, voici que l'on vient d'essayer une chaudière à la pression de 110 kg : cm², cette chaudière fait partie de l'installation d'essais de vapeur à très haute pression qui a été réalisée aux Ateliers Sulzer frères, à Winterthur.

Elle se compose de deux faisceaux de tubes verticaux et travaille en deux étages de pression, le faisceau antérieur à 110 kg : cm², le faisceau arrière à 11,4 kg : cm². Chaque étage possède son surchauffeur propre : celui à haute pression est du type à rayonnement et se trouve muré dans la paroi avant de la maçonnerie, face au faisceau correspondant; celui à basse pression est disposé entre les deux faisceaux et peut être mis hors circuit. La partie à haute pression a 45 m², celle à basse pression 115 m² (120 m² avec la grille à circulation d'eau) de surface de chauffe; à cela s'ajoutent 8 m² pour le surchauffeur à haute pression, 40 m² pour celui à basse pression et 180 m² pour le réchauffeur d'air.

Le caisson de la chaudière à haute pression est forgé d'une seule pièce sans raccord, à 900 mm de diamètre intérieur, 75 mm d'épaisseur minimum, 4260 mm de longueur et pèse 8600 kg; il est constitué d'acier spécial au nickel, d'une teneur de 5 pour 100 Ni et possède, à 20° C., une résistance de 48-58 kg : mm² à la rupture, de 35 kg : mm² à la limite d'élasticité. A côté de lui se trouve un collecteur de vapeur, de même métal, ayant 700 mm de diamètre intérieur, 53 mm d'épaisseur minimum, 3000 mm de longueur et un poids de 3400 kg.

Les 24 tubes sans soudure ont 60 mm de diamètre extérieur et 7 mm d'épaisseur.

La chambre de combustion, prévue pour chauffage au charbon pulvérisé, a un volume de 42 m³; sa maçonnerie est refroidie par l'air qui passe ensuite dans le réchauffeur d'air; le charbon, pulvérisé dans un broyeur de type spécial, est insufflé au moyen d'un unique brûleur rectangulaire.

L'eau vaporisée dans l'étage à basse pression se trouve condensée dans un « échangeur de chaleur » qui réchauffe l'eau d'alimentation de l'étage à haute pression, cette eau étant celle ainsi condensée et distillée qui est collectée dans un réservoir d'une capacité de 20 m³, d'où une pompe centrifuge à 14 kg : cm² de surpression la refoule, à travers l'échangeur, dans les pompes à haute pression qui travaillent sous une contre-pression de 120 kg : cm².

La chaudière à haute pression produit à l'heure 3600 kg de vapeur, celle à basse pression 2000 kg; la production totale de vapeur à basse pression n'est pas entièrement utilisée pour le réchauffage de l'eau d'alimentation de l'étage à haute pression. La production horaire spécifique atteint 80 kg : m² de surface de chauffe; les coefficients de transmission de la chaleur sont meilleurs à haute qu'à basse pression. C. F.

Digitized by Google

LA PRODUCTION DES COURANTS DE HAUTE FRÉQUENCE UTILISÉS EN T.S.F.

La production des courants de haute fréquence, jusqu'en 1914, n'a guère été réalisée que par le procédé employé dès l'origine par Lord Kelvin, décharge par étincelle, un condensateur dans un circuit comprenant une self-induction.

On obtient ainsi un courant alternatif de haute fréquence, dont l'amplitude va en décroissant. Ces ondes amorties sont susceptibles d'exciter, non seulement les résonateurs accordés sur leur fréquence, mais aussi des résonateurs accordés sur des fréquences voisines. Aujourd'hui complètement abandonnées dans les grands postes assurant les transmissions de télégrammes, les ondes amorties, qui du reste n'auraient jamais permis la mise en jeu de puissances considérables, semblent devoir être réservées à quelques cas particuliers, là ou des portées peu considérables sont seules nécessaires et où la réception doit être particulièrement facile, en particulier à des applications à la Marine (signaux de détresse).

Aujourd'hui on utilise ce qu'on appelle des ondes entretenues qui ne diffèrent que par leur fréquence de nos courants alternatifs industriels. On les produit à l'heure actuelle par trois procédés : l'arc, la lampe à trois électrodes, et l'alternateur avec ou sans multiplicateur de fréquence.

Indiquons l'état actuel de ces techniques d'après une conférence de M. Jouaust (*Bulletin de la Société d'Encouragement à l'Industrie nationale*, juillet-août-septembre, 1926).

1. **L'arc.** — En 1900, Duddell constata qu'en plaçant en dérivation aux bornes d'un arc, une inductance et une capacité, la colonne gazeuse constituant l'arc entrait en vibrations en produisant un son musical. Ces vibrations sont dues à la production d'un courant alternatif circulant dans le circuit constitué par l'arc, l'inductance et la capacité. La fréquence du courant est à peu près celle correspondant au circuit oscillant constitué par l'inductance et la capacité.

Poulsen montra qu'on peut augmenter la fréquence du courant en faisant jaillir l'arc non dans l'air, mais dans une atmosphère d'hydrocarbure (gaz d'éclairage, vapeur d'alcool), en refroidissant l'anode de l'arc et en soufflant l'arc par un champ magnétique transversal.

Dans les appareils actuellement usités, l'arc, alimenté par une puissante machine à courant continu sous une tension de 500 à 600 v, jaillit entre une électrode de charbon constituant la cathode et un cylindre de cuivre creux refroidi par un courant d'eau qui constitue l'anode. Les électrodes sont enfermées dans une enveloppe étanche entourée de maçonnerie, dans laquelle on peut soit faire pénétrer un courant de gaz d'éclairage, soit introduire de l'alcool. Dans la cuve étanche perpendiculairement aux électrodes, pénètrent également les noyaux d'un puissant électro-aimant destiné à souffler l'arc. Ces appareils ont des dimensions considérables et ne rappellent plus en rien l'arc d'éclairage qui leur a donné naissance.

Aux bornes de l'arc est connecté le circuit oscillant : une des bornes de l'arc est mise directement à la terre, l'autre est reliée à la nappe d'antenne par l'intermédiaire d'une inductance affectant la forme d'un gigantesque solénoïde d'un diamètre de l'ordre du mètre et de plusieurs mètres de hauteur.

Comment manipuler sur un arc, c'est-à-dire comment produire des émissions de courant de haute fréquence plus ou moins longue suivant qu'on veut émettre un trait ou un point? Il est absolument impossible de songer à éteindre ou à allumer l'arc. On court-circuite quelques spires de la self-induction intercalée dans l'antenne, il en résulte un changement de fréquence des oscillations émises qui peut être très facilement perçu.

Il ne faut pas perdre de vue que l'émission de l'arc est continue et qu'elle nécessite deux fréquences. Ceci est un grand inconvénient, car la fréquence inutile, l'onde de repos comme disent les radiotélégraphistes, est une fréquence perdue et même nuisible. Elle ne peut être concédée pour la transmission à un autre poste qui serait brouillé par l'onde de repos du premier. A une époque où les transmissions radiotélégraphiques se multiplient, cela constitue un grand inconvénient.

Mais l'arc a l'avantage de donner une fréquence très constante, de permettre facilement la mise en jeu de puissances énormes; aussi est-il très usité, surtout aux États-Unis. Des arcs de toute puissance ont été réalisés pour des longueurs d'onde de 500 à 20000 m.

2. **Les postes à lampes.** — La lampe à trois électrodes peut être utilisée comme générateur de courants à haute fréquence.

Les premières lampes ne permettaient d'obtenir qu'une faible puissance. La plaque s'échauffe. Pour éviter qu'elle n'atteigne des températures trop élevées, susceptibles de provoquer sa fusion, il faut lui donner d'assez grandes dimensions, ce qui augmente sa surface de rayonnement. Mais on est arrêté dans cette voie par l'impossibilité de réaliser convenablement de grandes ampoules de verre et pratiquement on n'a pas pu réaliser de lampe du type usuel permettant d'obtenir une puissance supérieure au kilowatt. On a créé de nouveaux modèles de lampes permettant un refroidissement artificiel de la plaque. Dans un de ces modèles, l'ampoule n'est plus complètement en verre : elle est constituée en grande partie par un cylindre métallique fermé à une extrémité et soudé à l'autre à un appendice de verre qui constitue le pied de la lampe et par lequel passent les fils amenant les courants au filament et à la grille. La partie métallique de

Digitized by Google

l'enveloppe constitue la plaque. Il est alors possible de placer cette plaque dans un récipient où circule de l'eau courante et d'assurer ainsi son refroidissement.

Pour réaliser ces lampes, il a fallu réunir le pied de verre à l'enveloppe métallique par une soudure susceptible de résister à de grandes variations de température. On est arrivé à construire ainsi des lampes de 20 kilowatts.

M. Holweck a réalisé une lampe démontable. L'ampoule se compose essentiellement d'un cylindre métallique qui constitue la plaque. Ce cylindre est réuni, à une de ses extrémités, à une pompe moléculaire permettant de faire le vide et, à l'autre extrémité, à une tête en verre par laquelle les diverses connexions pénètrent dans la lampe.

Ces trois organes sont réunis entre eux par des rodages, qui doivent être très étanches et c'est dans la manière d'assurer l'étanchéité que réside surtout l'invention de M. Holweck. Mais, malgré tout, une semblable lampe ne pourrait conserver le vide nécessaire. Elle est donc toujours réunie à une machine pneumatique d'un modèle perfectionné et inventée également par M. Hollveck. Cette machine pneumatique doit fonctionner tout le temps que la lampe fonctionne. Le cylindre qui constitue la plaque est entouré d'un autre cylindre et un courant d'eau circule entre les deux permettant d'assurer un refroidissement énergique de la plaque.

La nécessité d'avoir tout le temps une pompe moléculaire en marche est évidemment un inconvénient, mais il est racheté par cet avantage que la lampe est démontable et qu'il est facile de réparer, en cours même d'exploitation, les accidents qui peuvent se produire. Des lampes de 20 et même de 40 kilowatts ont été construites sur ce modèle.

Actuellement, les lampes à trois électrodes ne permettent pas de réaliser des postes de transmission de très grande puissance. Jusqu'ici leur usage semble avoir été limité aux postes de radiodiffusion.

5. **Les alternateurs.** — On a construit des alternateurs permettant de produire des courants de haute fréquence, comme on produit les courants de fréquence industrielle.

Théoriquement, il suffit d'augmenter le nombre de pôles de la machine et sa vitesse pour arriver à ce résultat. Mais, pour augmenter le nombre de pôles sans leur donner des dimensions ridiculement faibles, il faut augmenter les dimensions de la machine. Comme, d'autre part, il faut augmenter la vitesse, on est conduit à des vitesse périphériques considérables. Les actions de la force centrifuge sur les parties tournantes peuvent atteindre des valeurs dangereuses.

De plus, les pertes dans les tôles des alternateurs croissent comme le carré de la fréquence. Avec les tôles utilisées dans les machines ordinaires, on n'aurait pu atteindre que des rendements insignifiants. Heureusement, si ces pertes croissent comme le carré de la fréquence, elles décroissent comme le carré de l'épaisseur de la tôle et comme sa résistivité. Le jour où l'industrie métallurgique a su réaliser des tôles au silicium, c'est-à-dire de haute résistivité et d'une épaisseur de quelques centièmes de millimètre, la construction d'alternateurs de haute fréquence est rentrée dans le domaine des possibilités industrielles.

C'est à quoi est arrivé le premier, l'ingénieur américain Alexanderson. Mais c'est surtout aux travaux de deux ingénieurs français, MM. Marius Latour et Bethenod, qu'est due la réalisation des alternateurs à haute fréquence,

Naturellement, il eût été impossible de faire supporter à des conducteurs les efforts centrifuges résultant des grandes vitesses périphériques réalisées. Les alternateurs sont donc du type homopolaire. Tous les bobinages sont fixes. Seule une pièce métallique massive est en mouvement. Enfin certaines dispositions des enroulements permettent, toutes choses égales d'ailleurs, d'augmenter la fréquence. Pour diminuer les pertes par ventilation, l'alternateur tourne dans une atmosphère raréfiée et une circulation d'huile assure le refroidissement de l'appareil.

La Société française radioélectrique est ainsi arrivée à réaliser des alternateurs d'une puissance de 500 kw, fournissant du courant à la fréquence 15 000 et ayant un rendement de l'ordre de 80 pour 100.

La manipulation est des plus faciles. On court-circuite l'alternateur entre les émissions de signaux, opération sans danger par suite de la grande réaction d'induit de ces alternateurs.

La fréquence des courants produits doit être d'une très grande constance. La moindre variation de fréquence diminue la puissance communiquée à l'antenne accordée et risque de rendre les signaux imperceptibles dans un poste récepteur muni d'appareils très sélectifs, comme c'est aujourd'hui le cas de tous les postes récepteurs destinés à percevoir des transmissions lointaines et qui, par conséquent, doivent se garantir soigneusement des brouillages. Aussi ces alternateurs sont-ils munis de régulateurs très soignés, susceptibles de maintenir la vitesse constante à 1/1000 près.

Le principal inconvénient de ces appareils est qu'ils ne permettent de produire que des ondes de fréquence assez faible (grandes longueurs d'onde). On a pu remédier à cet inconvénient dans une certaine mesure par l'emploi des *multiplicateurs de fréquence*.

4. A l'heure actuelle, les divers procédés de production des ondes de haute fréquence que nous venons de passer en revue sont tous employés, ce qui prouve qu'ils ont tous leurs avantages et leurs inconvénients.

A. B.

Digitized by Google

QUELQUES ASPECTS DE LA QUESTION DES APPELS SIMULTANÉS DANS UN MÊME CENTRAL EN TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE

(*Suite et fin* [1].)

VI. — Câblage échelonné.

La capacité de trafic obtenue par câblage échelonné dépend d'un certain nombre de facteurs. En premier lieu, ainsi qu'il a déjà été remarqué, elle est fonction du nombre de commutateurs pouvant être attaqués par un commutateur quelconque de l'étage précédent, ou, en d'autres termes, de l'accessibilité. Etant donné que celle-ci dépend du type de commutateur adopté, et se trouve déterminée dans chaque cas particulier, son influence sur la capacité de trafic ne sera pas étudiée pour l'instant.

Afin de mieux fixer les idées, les considérations qui suivent se rapporteront à des bancs de commutateurs à 10 contacts.

Il sera facile ensuite de passer de ce cas concret à la généralité.

En second lieu, la capacité de trafic du câblage échelonné est solidaire du nombre des groupes. On se souvient, en effet, que l'échelonnement est, en principe, constitué par des groupes dont le nombre des commutateurs de chacun d'eux admet un commun multiple. Ce nombre peut être celui d'une ou plusieurs tranches de commutateurs. C'est ainsi que sur la figure 7, chacune des tranches A, B, C,... de premiers sélecteurs constitue un groupe séparé, considéré par rapport au câblage du niveau intéressé. Similairement, les figures 9 (*a*), 9 (*b*) et 9 (*c*) représentent respectivement des câblages à échelonnement à 2, 4 et 12 groupes. Le premier est évidemment le plus simple, mais n'offre que 2 possibilités, une individuelle et une commune. On peut réaliser 11 combinaisons de ce genre, à 2 groupes, depuis celle à accessibilité complètement commune, jusqu'à celle à accessibilité complètement individuelle. Dans le premier cas, les circuits attaquant l'étage suivant sont au nombre de 10; dans le second cas, 20. D'une façon plus générale pour n contacts individuels on dispose de $10 + n$ circuits de jonction avec l'étage suivant; pour 4 individuels et 6 communs, par exemple, on a 14 circuits.

Bien qu'ils aient été rangés dans cette catégorie, les deux cas extrêmes précédents ne font pas, à proprement parler, partie du câblage échelonné à deux groupes.

Le premier, avec tous ses contacts communs, est un simple groupe de 10, avec une capacité de trafic de 3,43 unités (par une qualité normale de service), c'est-à-dire, en moyenne, de 0,343 par organe. Le second, avec tous ses contacts individuels, constitue deux groupes simples de 10 commutateurs, d'une capacité de trafic de 3,43 pour chacun d'eux. Dans l'hypothèse où les heures chargées coïncident pour ces deux groupes, la capacité de trafic d'un échelonnement complet de 20 commutateurs est de 6,86, c'est-à-dire, encore 0,343 de moyenne, par organe. Il est probable qu'un certain nombre de commutateurs intermédiaires améliorerait ces chiffres, mais certains resteraient quand même limités à cette capacité de trafic, car, la capacité moyenne de trafic par commutateur n'est pas plus grande avec un échelonnement à 20, qu'avec un échelonnement à 10. Ainsi que l'ont montré les observations sur des trafics artificiels et des trafics réels. Les résultats de ces essais sont consignés dans

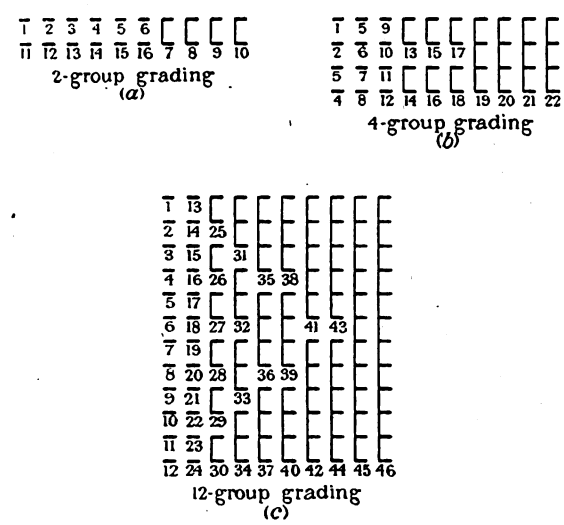


Fig. 9.

Câblage en échelonnement en 2, 4 et 12 groupes

le tableau ci-dessons, où la colonne 2 donne le trafic total, et la colonne 4 l'augmentation de trafic, en pour cent, réalisé par commutateur, au moyen de l'échelonnement.

MOMBRE de commutateurs en échelonnement.	TRAFIC EFFECTUÉ		ACCROISSEMENT du trafic par commutateur en pour 100 dû à l'échelonnement.
	Total.	moyenne par commutateur.	
10	3.43	0.343	0
11	3.81	0.346	1
12	4.20	0.350	2
13	4.68	0.360	5
14	5.24	0.374	9
15	5.76	0.384	12
16	6.14	0.384	12
17	6.41	0.377	10
18	6.61	0.367	7
19	6.78	0.357	4
20	6.86	0.343	0

La courbe de la figure 10 montre la loi de variation de cet accroissement. On y remarque que le rendement maximum offert par l'échelonnement à 2 groupes, est obtenu avec 15 ou 16 circuits de sortie vers les commutateurs du rang suivant.

[1] Voir L'*Industrie Electrique* n° 834 du 25 mars 1927, page 135, et 837 du 10 mai 1927, page 204.

Digitized by Google

L'échelonnement en 4 groupes entraîne d'autres considérations.

Les contacts peuvent alors être individuels, reliés par paires, ou en communauté. Les liaisons possibles avec le rang suivant peuvent donc varier de 10 (tous les contacts communs) à 40 (tous les contacts individuels), avec tous arrangements intermédiaires possibles, c'est-à-dire un total de 31 combinaisons. En conservant les restrictions

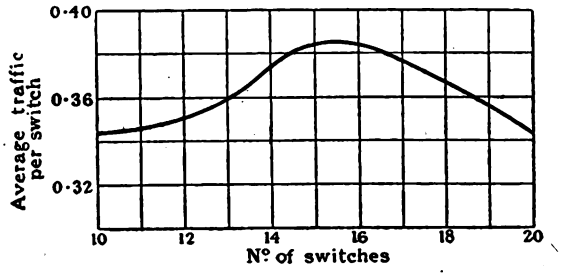


Fig. 10.

Variation du trafic, en pour cent, par câblage échelonné.

précédentes (ordre de choix : contacts individuels, contacts par paires, contacts communs) et si l'on restreint, en outre, l'accouplement par paire des contacts de groupes adjacents, on trouve 5 pour le nombre maximum total de circuits; dans l'échelonnement à 4 groupes. Etant donné que l'on ne peut réaliser que 31 combinaisons différentes, un certain nombre de circuits ne seront obtenus que par un nombre d'échelonnement supérieur à 1. Pour 22 circuits 4 échelonnements sont possibles, ainsi que le montre la figure 11, 22 A, 22 B, 22 C et 22 D.

Les chiffres, situés au-dessous de l'indice de chaque schéma indiquent les nombres respectifs de circuits indi-

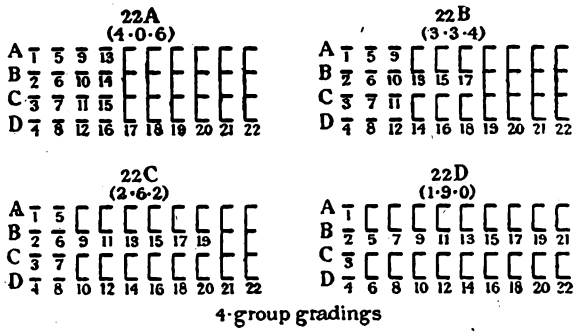


Fig. 11.

Différents types d'échelonnements.

viduels, communs par paires, et totalement communs. Des essais de 20 heures, avec une moyenne de 200 appels par heure, d'une durée unitaire moyenne de 3 minutes, furent faits avec ces différents câblages. Le trafic total horaire atteignit 10 unités, soit 2,5 unités par groupe.

En supposant que les heures de pointes sont simultanées, dans les 4 groupes, et que le trafic de chacun d'eux est sensiblement le même, on aboutit à la moyenne horaire d'appels perdus de :

Échelonnement	22 A.	1,5 appels.
—	22 B.	1,15 —
—	22 C.	1,25 —
—	22 D.	2,2 —

L'échelonnement 22 B l'emporte donc pour la plus grande capacité de trafic. On remarque que les 3 modes de liaison entre organes y sont sensiblement égaux en nombre.

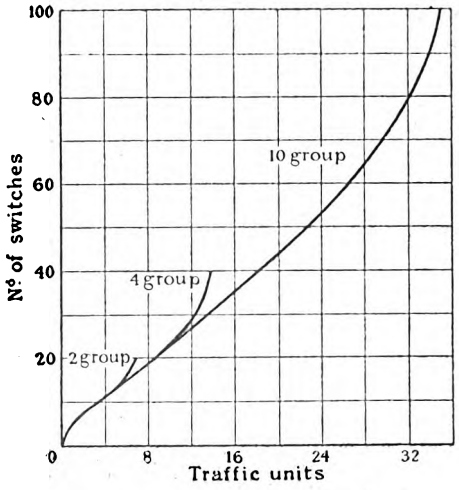


Fig. 12.

Courbes d'intensité de trafic pour différents câblages.

On peut dire d'une façon générale, que le meilleur échelonnement est celui qui comporte une progression lente du nombre des organes individuels à celui des organes communs.

La progression est d'autant plus facile à réaliser que le nombre d'organes du groupe est décomposable en facteurs premiers, et surtout si ceux-ci comportent des nombres paires, tels que 10, 12, 16 et 20. D'autre part, à moins d'impossibilité de faire autrement, l'échelonnement ne doit jamais comporter un nombre de circuits,

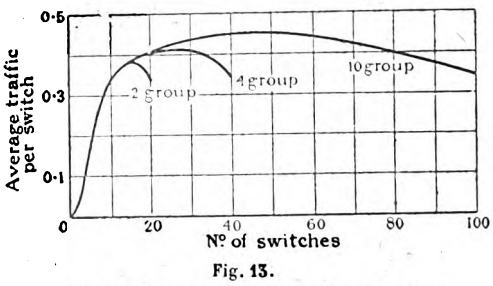


Fig. 13.

Courbes de trafic moyen pour différents câblages.

d'un rang au suivant, supérieur à la moitié du nombre total maximum possible.

Par exemple, un échelonnement à 18 groupes ne doit être adopté que dans les cas nécessitant moins de 90 circuits. On peut toutefois s'écarter de cette règle générale pour les groupes nombreux, mais par ceux-là seulement, sous peine de perdre sur la capacité de trafic pour les groupes plus nombreux.

La figure 12 montre que, pour 10 commutateurs, les courbes d'intensité de trafic sont sensiblement rectilignes, jusqu'aux approches du trafic maximum —; elles sont, en outre, dans le même prolongement. Sur la figure 15, on constate que les échelonnements à grande échelle ne

Digitized by Google

sont pas nécessaires, car la capacité de trafic moyen, par commutateur, tend vers une constante.

En résumé, donc, l'échelonnement, pour être efficace doit être progressif, et réaliser les groupes tels que le nombre des liaisons d'un rang à l'autre, ne dépasse pas la moitié du maximum possible.

VII. — Variations dans l'écoulement du trafic.

Une définition du trafic dit « de chance pure » peut être celle-ci : un trafic dans lequel, pour la période considérée, un apppel peut, aussi bien se produire à un instant donné qu'à un autre.

Les conditions nécessaires ne se trouvent réalisées que pendant une faible fraction de chaque journée, généralement appelée « heures de pointe » ou de « surcharge » et peuvent même être provoquées par des circonstances accidentelles Si, par exemple, un abonné lance deux appels à une heure de pointe, ils ne s'écouleront pas simultanément; en d'autres termes, le moment d'attaque du second sera réglé dans une certaine mesure par le premier. Un cataclysme peut aussi entraîner, à l'improviste, un certain nombre d'appels à tendance de simultanéité. Mais, ce dernier cas est d'influence relativement faible et l'expérience a montré que les appels d'abonnés se produisant à l'heure de surcharge, peuvent vraisemblablement être émis à n'importe quel instant de cette heure. C'est là ce que l'on est convenu d'appeler « le trafic de chance pure ».

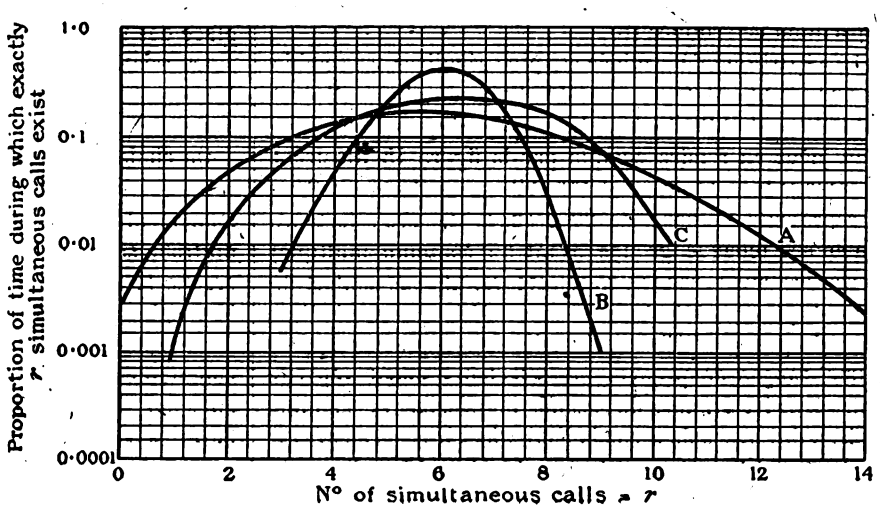


Fig. 14.
Courbes de répartition des appels.

Considérons maintenant l'écoulement de ces appels à travers les commutateurs et jonctions successifs à l'intérieur d'un même central, ou entre deux centraux différents, et voyons comment le trafic se trouve affecté en chacun de ces points.

En dehors de quelques appels perdus à différents étages, soit par manque de commutateur libre, par mauvais fonctionnement, ou par abandon de la part du demandé, tous les appels se suivent à la même cadence et aux mêmes intervalles. Le nombre total de ceux qui touchent les seconds sélecteurs, dans un central simple, sans jonctions, par exemple, est le même que ceux qui traversent les premiers sélecteurs et la proportion d'appels simultanés, en nombre variable, est la même, à tous les étages; si l'on tient compte des jonctions d'entrée et de sortie, le nombre d'appels à un certain étage n'est pas le même qu'aux autres, à un instant donné; mais d'une façon générale, la répartition du trafic ne se trouve pas modifiée. Cependant, l'égalité de trafic ne subsiste plus avec les modes de groupements variés entre 1ers et 2es sélecteurs. Considérons, par exemple, 1000 appels lancés en 1 heure, d'une durée unitaire moyenne de 3,6 minutes, et demandant à être répartis en 10 groupes; on peut imaginer des dispositifs répartissant les appels entre les différents groupes, ou, faisant attaquer ceux-ci dans un ordre relatif déterminé. Dans le dernier cas, chaque groupe recevra exactement 100 appels; dans le premier, ce même chiffre ne sera qu'une moyenne entre eux tous, avec différences absolues d'un groupe à l'autre. Mais, dans les deux cas, le nombre d'appels similaires dans un même groupe est très différent.

Le trafic moyen dans chacun d'eux est le même :

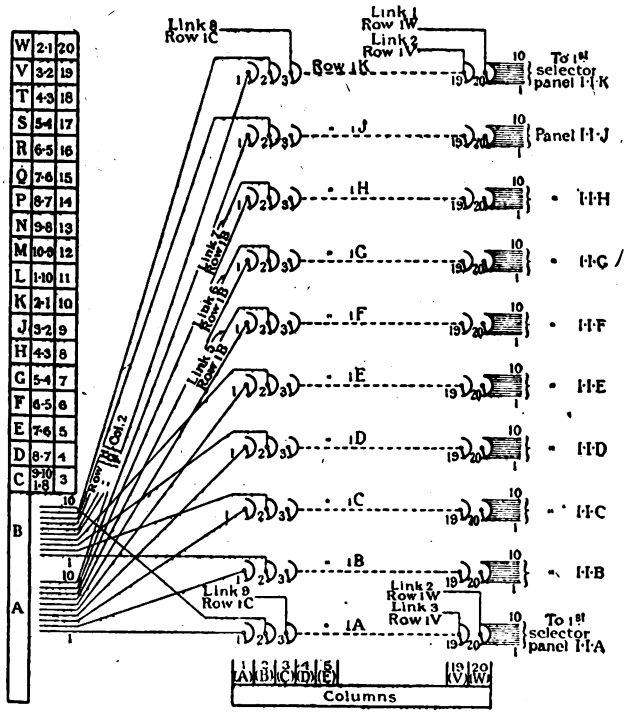


Fig. 15.
Schéma de câblage entre 1er et 8e pré-sélecteurs.

Digitized by Google

$100 \times 3{,}6 : 60 = 6$ unités. Mais la répartition totale entre eux tous n'est pas uniforme ainsi que le montrent les courbes de la figure 14 qui comparent les temps pendant lesquels on compte 0, 1, 2, etc,.. appels en écoulement simultané par répartition de pure chance (A) et par répartition déterminée (B).

La répartition déterminée est plus régulière, et semble demander un nombre moindre d'organes. Mais elle est actuellement difficile à réaliser en pratique. Nous pouvons nous en rendre compte par la figure 15 illustrant le câblage bien connu avec 1ers et 2es pré-sélecteurs. On y a représenté le banc de 20 groupes de pré-sélecteurs d'abonnés (chaque groupe ayant un commun multiple) raccordés aux seconds pré-sélecteurs. Chaque contact de banc de premier sélecteur est raccordé à un second sélecteur de groupe différent, de telle façon que les appels d'une rangée de premier pré-sélecteurs soient répartis entre tous les groupes de seconds pré-sélecteurs. Le multiplage des bancs de seconds à premiers pré-sélecteurs est du type rectiligne, en sorte que la répartition du trafic sur une rangée de 10 premiers sélecteurs est identique à celle d'une rangée de 20 seconds pré-sélecteurs. Les appels sont ainsi plus progressivement répartis qu'ils ne le seraient dans un trafic de chance pure de même importance. Cet effet se trouve accru par le dispositif de contrôle empêchant les appels d'attaquer une rangée de 20 seconds pré-sélecteurs lorsque leurs liaisons avec les premiers sélecteurs correspondants ne sont pas libres.

Ce mode de câblage est presque équivalent, en ce qui concerne la capacité de trafic permise, à celui permettant l'accessibilité totale de 100 premiers sélecteurs, chaque appel pouvant toucher l'un quelconque de ces 100 organes.

La répartition de 6 unités de trafic, sur une rangée de sélecteurs, pour ce dernier cas, est représentée par la courbe C, de la figure 14.

VIII. — Mesures de trafic et de surcharges.

Il est indispensable de pouvoir se rendre compte de l'intensité du trafic dans chaque élément constitutif d'un même central, et de relever le nombre des appels perdus par manque d'organes commutateurs ou de liaisons. On emploie, à cet effet, des enregistreurs de trafic (qu'il convient de ne pas confondre avec les compteurs d'abonnés), auxquels on demande trois indications différentes : 1° La mesure de la qualité du service aux différents étages, pour pouvoir remédier rapidement aux points reconnus faibles; 2° la mesure de l'écoulement du trafic dans les différents étages, permettant de prévoir convenablement les extensions éventuelles du central; 3° l'établissement de statistiques.

1° *Mesure de la qualité du service.* — Trois types d'appareils sont utilisés : *a*) enregistreurs de congestion; *b*) enregistreurs de surcharges; *c*) enregistreurs analyseurs.

a) On conçoit, de ce qui a été dit précédemment, que, pour un groupement quelconque de commutateurs, la quantité de trafic perdu, pour un trafic total donné, est exactement déterminée. Il en est de même pour les commutateurs individuels. La mesure du trafic effectué et du trafic perdu de ceux-ci, pourra donc être faite au lieu et place des mesures sur un groupe entier.

La relation entre ces trois quantités est très délicate à établir, mais ne demande à l'être qu'une fois pour toutes.

On choisira de préférence comme commutateur témoin celui qui se trouve connecté au dernier contact de l'échelonnement, et qui supporte, par conséquent, les effets du trafic sur tout le groupe. On cherchera à tirer de cet organe le nombre d'unités de trafic écoulées plutôt que le nombre d'appels. Mais étant donné que ce trafic est relativement faible, on devra se méfier qu'une ou deux communications de durée un peu anormale ne viennent entacher les résultats d'erreurs. On enregistrera, en outre, séparément, le nombre des appels transmis par le commutateur. Le quotient des deux quantités relevées donnera le temps de durée moyenne des liaisons assurées par l'organe. La figure 16 montre un circuit répondant à ces désirs. Le fil privé du dernier contact de l'échelonnement est relié à un enregistreur A : actionné à chaque appel transmis par le commutateur dont il fait partie. Un second enregistreur B est actionné en local par A, à travers un jeu de contacts qui se ferment quelques secondes à intervalles d'une demi-minute. Il existe de ces genres de contacts dans tous les centraux automatiques, pour la commande des signaux d'alarme. B compte donc la moyenne du nombre de fois où le commutateur se trouve en prise à intervalles de 30 secondes. Le chiffre ainsi totalisé, puis divisé par 120 donne alors directement en unités de trafic le trafic écoulé par le commutateur. Le rapport des totaux fournis par B et A, indique la durée moyenne, en unités de 30 secondes, des liaisons établies.

Le choix du dernier contact pour le raccordement des enregistreurs offre évidemment le désavantage de son faible trafic. Les enregistrements varient alors constamment, et doivent porter sur de très longues durées pour fournir des résultats suffisamment en accord avec le trafic général du groupe.

b) Les appels perdus, faute de circuit libre, sont relevés par un compteur de surcharge C (fig. 16). Chaque sélecteur porte, sur ses bancs de contacts privés, de chaque étage, un onzième contact multiplié sur les différents bancs, exactement de la même façon que le dixième. L'enregistreur de surcharge est relié à ce contact, par l'intermédiaire duquel tout appel perdu faute de ligne libre, vient l'actionner.

c) Les analyseurs de trafic servent surtout à distinguer entre une surcharge locale due à une mauvaise répartition du trafic à travers le groupe, et une surcharge réelle, due à un manque de commutateurs. Ils se relient, individuellement, aux onzièmes contact des bancs privés dont il a été question plus haut.

Digitized by Google

2. *Mesure du trafic dans les divers circuits.* — Ces mesures sont basées sur le fait déjà rappelé plusieurs fois, que le trafic écoulé par un groupe quelconque est égal au nombre moyen des commutateurs simultanément engagés. Ce nombre peut être relevé par l'observation directe, à intervalle de temps régulier. Mais les méthodes automatiques facilitent l'opération. La figure 17 donne un schéma type pour ce genre de mesures. On y remarque deux commutateurs rotatifs, l'un à 7 bancs de chacun 25 contacts, et l'autre à 3 bancs de chacun 25 contacts également, et appelés respectivement « commutateur de test et commutateur de contrôle ». 120 fils privés, issus de 120 commutateurs, sont connectés aux contacts des 6 premiers bancs de commutateur de test, dont les frotteurs sont raccordés aux 6 premiers contacts du premier banc du commutateur de contrôle. Le second banc de celui-ci est utilisé pour le départ et l'arrêt de l'exploration. Les frotteurs sont normalement au repos sur les contacts 25 ou 13. L'enregistreur est mis en route par sa connexion avec une terre, régulièrement à chaque demi-minute, par le jeu d'une horloge à contacts. Cette terre étant donnée au fil de mise en route, l'électro-aimant d'entraînement du commutateur est excité; lors de la coupure, les frotteurs avancent d'un contact et viennent sur les plots 1 ou 14, suivant leur position initiale. Le relais A se trouve alors connecté au frotteur n° 1 du

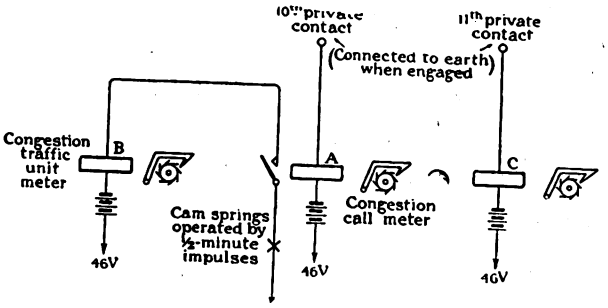


Fig. 16.

Dispositif enregistreur de congestion.

commutateur de test qui est, d'autre part, commandé par le troisième banc du commutateur de contrôle. Ce circuit comporte un relais micrométrique spécial H dont l'action se combine avec celle de l'électro-aimant d'entraînement

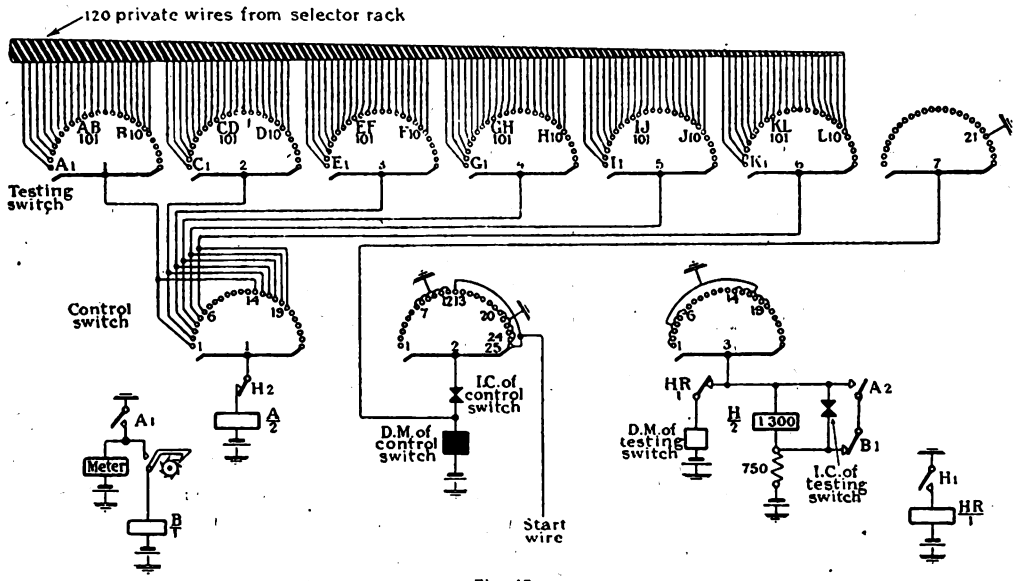


Fig. 17.

Dispositif enregistreur de trafic dans les différents circuits d'un même central automatique.

du commutateur de test. La rotation de ce dernier s'effectue comme suit : la terre du troisième banc excite l'électro-aimant qui, en pleine attraction, ouvre son ressort interrupteur IC et met normalement le relais H en court-circuit. A ce moment, H se trouve excité, et ouvre le circuit de l'électro-aimant d'entraînement par l'intermédiaire du relais HR. L'électro-aimant lâche son armature, en faisant avancer les frotteurs d'un plot. H se trouve à nouveau remis en court-circuit par les contacts de ressort; son armature retombe, ouvrant le circuit HR qui excite finalement l'électro-aimant de rotation. Le cycle se continue dans le même ordre, en faisant avancer progressivement les frotteurs sur leurs bancs de contacts. Le relais HR a pour but de ralentir la vitesse de rotation. Pendant la marche des frotteurs du commutateur de test, un circuit s'établit pour que le relais A fonctionne chaque fois que les frotteurs n° 1 touchent un plot de fil privé relié à la terre. Ce relais A commande alors l'enregistreur en même temps qu'il établit un court-circuit aux bornes du relais H. La rotation ne peut se poursuivre qu'après le fonctionnement complet de l'enregistreur ou compteur, le relais B ayant été excité, et le court-circuit aux bornes de H détruit.

On évite ainsi un faux comptage dans le cas où deux fils privés adjacents seraient en prise à l'instant du test. Au moment où le commutateur de test atteint le con-

Digitized by Google

tact 21, son septième frotteur trouve une terre qui met en marche le contrôleur. Le frotteur de test n° 2 se trouve maintenant en A, et les 20 fils privés de ce banc sont explorés. Les 6 bancs sont parcourus de cette façon, jusqu'à ce que les frotteurs du commutateur de contrôle soient amenés en 7 ou en 20, et atteignent automatiquement les plots 13 ou 25. La terre du circuit de rotation est alors coupée, et le commutateur de test s'arrête. L'exploration a été complète, et tout le dispositif est devenu à sa position initiale, prêt à reprendre un nouvel essai.

La vitesse de rotation des organes varie suivant l'importance des contacts à explorer, et les tensions utilisées. Elle reste généralement comprise en 17 et 24 3/5 secondes.

3° *Mesures nécessaires à l'établissement de statistiques d'ordre général.* — Ces mesures comportent l'évaluation du nombre total des liaisons effectuées par les différents circuits d'un central. Elles permettent, notamment, de connaître le rapport du trafic de pointe au trafic normal.

Les méthodes utilisées à cet effet sont basées sur l'emploi d'une alimentation commune aux relais de libération des 10 sélecteurs d'une même rangée. Un compteur est alors connecté dans ce circuit, soit sur les contacts d'un relais local, soit sur les contacts même des relais de libération. Le compteur fonctionne alors à chaque libération de l'un quelconque des 10 sélecteurs. Les chances pour que 2 sélecteurs soient libérés simultanément sont très faibles. Si tous les premiers sélecteurs d'abonnés comportent des enregistreurs de ce genre, le trafic total à l'entrée du central peut être connu. Le trafic sur les premières jonctions ainsi que sur les suivantes et jusqu'aux dernières peut être évalué par la même méthode.

Remarques particulières.

1. *Théorie.* — Le côté théorique pur de ces questions a été volontairement effacé par l'auteur, au cours de son exposé.

Les raisons en sont que, d'abord la littérature scientifique est déjà riche de cette matière, et qu'ensuite certains problèmes présentent de telles difficultés pour être résolus théoriquement qu'il semble plus indiqué de rechercher les solutions par d'autres moyens ; témoin, par exemple, une étude théorique du câblage échelonné avec sa dissymétrie complexe.

2. *Note sur les probabilités.* — La notion de probabilité est souvent l'objet de confusion, notamment en ce qui concerne les probabilités élevées.

Le fait qu'une probabilité est petite ou grande dépend presque exclusivement de la nature des événements auxquels elle se rapporte : C'est ainsi, par exemple, qu'une probabilité d'accident mortel de chemin de fer de 1 pour 10 000 peut être considérée comme large. Appliquée au nombre total d'appels téléphoniques restés sans effet, par manque d'organes commutateurs libres, elle devient ridiculement faible. J. M.

LA NOUVELLE LÉGISLATION DES BREVETS
DEVANT LE PARLEMENT

(*Suite*[1]).

IX. — Les droits des employés et ceux des étrangers.

D'une toute autre portée, au point de vue innovation, apparaissent les *Art.* 33 à 35 (Titre III de la loi) qui stipulent les droits des employés.

Nous en rapprocherons les *Art.* 36 à 38, établissant de même le droit des étrangers, mais nous ne reproduirons pas ces derniers, alors que nous consacrerons quelques commentaires aux importants *Art.* 33 à 35.

Il n'était pas douteux, après l'accueil fait par la Chambre à l'amendement Borel complétant l'*Art.* 5 pour sauvegarder les droits des véritables inventeurs, que ces droits seraient nettement reconnus lors du vote de l'*Art.* 33.

Si tout le monde est, en principe, à peu près d'accord sur la légitimité d'un brevet pour l'inventeur, le plus grand désaccord règne sur les stipulations par lesquelles on pourra lui assurer ce profit. Certaines voies autorisées ont, dans la discussion de l'*Art.* 33 devant la Chambre, indiqué le danger d'articles pouvant paraître providentiels sur le papier, alors qu'en réalité ils pourront léser les inventeurs et contrarier leurs projets.

C'est ainsi qu'il est difficile d'établir une co-propriété ménageant, dans l'exploitation d'un brevet dû à un employé et apporté par lui à sa Compagnie, aussi bien les intérêts de l'exploitant que les intérêts de la Société.

S'il y a plusieurs inventeurs, le régime russe des inventions collectives est de nature à compliquer encore le problème, et il paraît bien difficile d'accorder tous les intérêts en jeu si l'un des inventeurs veut exploiter lui-même le brevet alors que d'autres, n'en voudront même pas donner licence.

Quoi qu'il en soit des débats de la Chambre, auxquels on pourra d'ailleurs se reporter (2), la majorité de cette assemblée a surmonté, paragraphe par paragraphe, les résistances des adversaires de l'*Art.* 33, et établi comme suit cet article :

Art. 33. — L'invention due à un employé lui appartient en propre, sauf si elle rentre dans l'objet même de son contrat avec l'employeur ou si elle résulte directement du travail qui lui est départi.

S'il n'apparaît pas que l'employé ait trouvé dans son salaire ou dans une rémunération spéciale un dédommagement au concours qu'il aura prêté, l'employeur sera tenu de lui attribuer une rémunération supplémentaire

(1) Voy. *L'Industrie Électrique*, n° 838 du 25 mai 1927, p. 231.
(2) Compte rendu de la 2e séance du 31 mars 1927, pages 1115 et suivantes du *Journal officiel*.

Digitized by Google

en rapport avec la valeur de l'invention et les circonstances dans lesquelles elle aura été réalisée.

La rémunération supplémentaire ne pourra être réclamée que par l'inventeur, son conjoint survivant ou ses héritiers, et dans un délai de cinq ans au plus à dater de la demande du brevet.

A défaut d'entente entre les parties, les conditions et l'importance de la rémunération seront fixées dans les conditions déterminées à l'*Art.* 46 (1) de la présente loi et revisables, le cas échéant, par période de quatre années jusqu'à l'expiration du brevet, dans les conditions déterminées de l'*Art.* 47 (2).

Si pour réaliser son invention, l'employé a utilisé les ressources matérielles et morales mises à sa disposition par l'employeur, *leurs droits respectifs* seront fixés, à défaut d'entente, dans les conditions déterminées aux *Art.* 46 et 47.

Lorsqu'une invention sera due à un employé, et que le brevet sera demandé par l'employeur, le nom de l'inventeur devra toujours figurer dans la demande de brevet et être reproduit, après le titre, sur l'exemplaire imprimé de la description. En cas de cession de son droit par l'employé, l'employeur jouit d'un droit de préemption.

Le débat le plus mouvementé auquel a donné lieu la discussion de l'*Art.* 33 a porté sur la forme de propriété ou d'intérêt qu'il convenait de réserver à l'employé inventeur sur ses inventions.

Il avait été d'abord proposé que « si, pour réaliser son invention, l'employé utilisait les ressources matérielles de l'employeur, cette invention serait la co-propriété des deux intéressés, dont les droits respectifs seraient déterminés par les moyens indiqués à l'Art. 46 *et* 47 ».

Ici, s'est manifestée très puissamment la thèse, soutenue par M. Albert Fournier, *que la co-propriété entraîne l'indivision, et qu'il est inadmissible de laisser subsister cette indivision de propriété entre employeur et employé.* C'est véritablement un des points névralgiques du débat que celui auquel s'est heurtée, à ce moment, la discussion. M. Paul Morel sauva la situation en faisant accepter par la commission le texte suivant pour l'avant-dernier paragraphe de l'*Art.* 33 :

« Si, pour réaliser son invention, l'employé a utilisé les ressources matérielles et morales mises à sa disposition par l'employeur, *leurs droits respectifs* seront fixés à défaut d'entente, dans les conditions déterminées aux *Art.* 46 et 47. »

On voit que par de nouvelles et curieuses créations providentielles des *Art.* 46 et 47, nos législateurs ont pu rester dans le vague et faire accepter à la Chambre le texte qui consacre la propriété de l'employé à l'égard de ses inventions.

Ce paragraphe de l'*Art.* 33 est d'ailleurs suivi de deux paragraphes, dont le premier émane de M. Reibel et le second de la Commission elle-même.

« Lorsqu'une invention sera due à un employé, et que le brevet sera demandé par l'employeur, le nom de l'inventeur devra toujours figurer dans la demande de brevet et être reproduit, après le titre, sur l'exemplaire imprimé de la description.

« En cas de cession par l'employé de son droit, l'employeur jouit d'un droit de préemption. »

Pour marquer d'une note plus forte sa volonté de faire entrer l'*Art.* 33 dans les mœurs et dans les contrats de toute nature, la Chambre a encore voté les *Art.* 34 et 35, dont le premier déclare *nulles toutes dispositions contraires des contrats* et dont le second *assimile les fonctionnaires de l'État aux employés privés.*

Ces articles sont courts et libellés comme suit :

Art. 34. — Sont nulles et de nul effet les stipulations de tout contrat contraire aux dispositions du précédent article.

Art. 35. — Les fonctionnaires de l'État ou les personnes appartenant au service de l'État pour un motif quelconque jouiront, en ce qui concerne les inventions qu'ils pourront réaliser dans la situation qu'ils occupent, des droits et avantages spécifiés dans les *Art.* 33 et 34 du présent titre.

X. — Nullité et déchéance des brevets.
Art. 39 a 45 (Section I du Titre V).

Dans le Titre V du texte législatif figurent sous les nos 39 à 45, 7 articles dont les 3 derniers composant la section I, visent les nullités et déchéances, et les 4 autres, composant la Section II, les actions en nullité et déchéance.

Le vote des textes reproduits ci-dessous a été nettement influencé par la déclaration reproduite au début de cet article, d'après le Commissaire du Gouvernement, Directeur de la Propriété industrielle.

Des observations de M. Drouets, de celles de M. Bokanowsky et des réserves faites au nom des inventeurs par M. Ernest Lafont, il devait résulter, au cours de la discussion des articles visant la déchéance, une insistance particulière des députés à obtenir pour les inventeurs, à défaut d'un préavis de l'Administration, de longs délais de paiement et des moyens de récupérer leurs brevets *en cas de déchéance accidentelle ou non.*

Contre les dispositions très libérales demandées par certains députés, M. Reibel a fait valoir que, à la faveur de ces dispositions, « ce serait en quelque sorte un métier « que de déposer des brevets d'invention ayant une portée « aussi large que possible et qui intéresseraient toute « une branche de l'activité humaine. On laisserait ensuite « tomber cette invention, et, un beau jour, toute une « industrie se trouverait paralysée parce qu'un industriel

(1) Pour expliquer cette intervention de l'*Art.* 46, il convient d'indiquer qu'il vise l'exploitation des brevets et la licence obligatoire éventuelle desdits brevets, et qu'il stipule que les conditions de la licence seront fixées par une commission arbitrale dont on trouvera plus loin la composition. De même, l'*Art.* 47, qui vise plus particulièrement le régime de licence des brevets, stipule que par requête adressée au Directeur de la Propriété industrielle, tout demandeur en licence pourra soumettre des propositions à la Commission arbitrale fixée par l'*Art.* 46.

(2) Voir renvois (1) et (2).

Digitized by Google

« faisant des recherches tout à fait indépendantes de cette « invention, serait parvenu à fabriquer un produit nou- « veau ou aurait découvert un moyen de fabriquer un « produit qui tombe précisément dans la catégorie que ce « spéculateur d'un nouvel ordre se serait réservée pour « lui-même. »

Pour appuyer, au contraire, les délais libéraux qu'il demandait, M. Albert Fournier faisait remarquer « qu'un métier des plus lucratifs consistera, pour des gens ayant des capitaux, à guetter la déchéance. Le lendemain du jour où le breveté sera déchu, immédiatement on se précipitera sur l'invention avec les capitaux nécessaires, et la société anonyme fera une belle affaire.

Une société anonyme aura trouvé le moyen de s'enrichir sans faire d'efforts d'imagination.

Les longs débats engagés à ce sujet sont très instructifs, mais il convient de ne retenir ici que les textes finalement votés pour les *Art.* 39 à 45, dont on trouvera, ci-après, la rédaction reproduite d'après l'*Officiel* :

Art. 39. — Seront nuls et de nul effet les brevets délivrés dans les cas suivants :

1° Si la découverte, invention ou application n'est pas nouvelle ou si la demande a déjà fait l'objet d'un brevet français ou d'un certificat d'addition demandé antérieurement.

2° Si la découverte, invention ou application n'est pas, aux termes des articles 2 et 3, susceptible d'être brevetée, ou si elle est contraire aux lois, sans préjudice des peines qui pourraient être encourues pour la fabrication ou le débit d'objets prohibés.

3° Si le titre sous lequel le brevet a été demandé indique frauduleusement un objet autre que le véritable objet de l'invention.

4° Si la description jointe au brevet n'est pas suffisante pour l'exécution de l'invention ou si elle n'indique pas, d'une manière complète et loyale, les véritables moyens de l'inventeur.

Seront également nuls et de nul effet les certificats comprenant des changements, perfectionnement ou additions qui ne se rattacheraient pas au brevet principal.

Art. 40. — Ne sera pas réputée nouvelle toute découverte, invention ou application qui, en France ou à l'étranger, aura reçu avant le dépôt de la demande une publicité suffisante pour pouvoir être exécutée, sous réserve des exceptions résultant de la loi du 13 avril 1908, relative à la protection temporaire dans les expositions, ou des conventions internationales concernant la propriété industrielle.

Art. 41. — Sera déchu de ses droits :

1° Le breveté qui n'aura pas acquitté sont annuité avant le commencement de chacune des années de la durée de son brevet, ou dans un délai de six mois à partir de la date de l'échéance, en versant une taxe supplémentaire de 10 francs.

Le breveté ou ses ayants droit qui n'aura pas effectué régulièrement les versements dans les délais prévus et qui aura justifié des causes de son inaction, pourra, pendant trois ans à dater de la déchéance encourue, présenter requête au ministre pour relever son brevet de cette déchéance, en versant une taxe égale au quintuple du montant total des annuités dues aux dates anniversaires du dépôt de brevet et non acquittées ou payées irrégulièrement.

En cas de rejet de la demande par le ministre, la demande sera portée devant la commission prévue à l'article 46.

La restitution de l'invention dans ses droits produira ses effets à partir de la date du payement, sous réserve du droit des tiers.

Tout versement d'annuité ou de taxe supplémentaire, alors même qu'il aurait été effectué après l'échéance, demeurera définitivement acquis au Trésor.

Toutefois, en cas de versement en double emploi d'annuités pour le même brevet, les annuités versées en trop devront être remboursées.

2° Sous réserve des exceptions résultant des accords internationaux le breveté qui introduit en France des objets fabriqués en pays étrangers et semblables à ceux garantis par son brevet.

Néanmoins, le ministre du commerce et de l'industrie pourra autoriser l'introduction :

a) Des modèles de machines;

b) Des objets fabriqués à l'étranger destinés à des expositions publiques ou à des essais faits avec l'assentiment du Gouvernement.

Art. 42. — L'action en nullité et l'action en déchéance pourront être exercées par toute personne y ayant intérêt. Ces actions, ainsi que toutes contestations relatives à la propriété des brevets, seront portées devant les tribunaux civils de première instance.

Si la demande est dirigée en même temps contre le titulaire du brevet et contre un ou plusieurs cessionnaires partiels, elle sera portée devant le tribunal du domicile du titulaire du brevet.

Elle sera communiquée au procureur de la République.

Art. 43. — Dans toute instance tendant à faire prononcer la nullité ou la déchéance d'un brevet, le ministère public pourra se rendre partie intervenante et prendre des réquisitions pour faire prononcer la nullité ou la déchéance absolue du brevet.

Il pourra même se pourvoir directement en vue d'une action principale pour faire prononcer la nullité, dans les cas prévus aux nos 2 et 3 de l'art. 38.

Art. 44. — Dans les cas prévus par l'article précédent, tous les ayants droit au brevet dont les titres ont été enregistrés à l'office national de la propriété industrielle, conformément à l'art. 26, devront être mis en cause.

Art. 45. — Lorsque la nullité ou la déchéance absolue d'un brevet aura été prononcée par jugement ou arrêt ayant acquis force de chose jugée, il en sera donné avis par le ministère public à l'office national et la nullité ou la déchéance sera publiée au *Bulletin officiel de la propriété industrielle.*

Digitized by Google

XI. — Exploitation légale et licence obligatoire des brevets.

Le titre VI de la nouvelle loi vise l'exploitation, la licence obligatoire et l'expropriation des brevets et comporte d'abord les *Art.* 46 et 47 qui en constituent la Section.

Exploitation ou licence obligatoire présentées sous forme d'un dilemme étaient depuis longtemps dans les *vœux* désirés par de nombreux brevetés appartenant à toutes les classes de l'industrie et de la société.

Nous nous bornerons à citer le texte de ces articles :

Art. 46. — Le breveté qui n'aura pas mis en exploitation sa découverte ou invention, en France ou dans les colonies françaises, dans le délai de trois ans à dater du jour du dépôt de la demande, ou qui aura cessé de l'exploiter pendant trois années consécutives pourra, s'il ne justifie pas des causes de son inaction, être mis en demeure d'en concéder une licence d'exploitation.

A défaut d'entente avec le breveté, les conditions de la licence seront fixées par une commission arbitrale nommée chaque année et composée d'un conseiller à la Cour de Paris désigné par le premier président de cette cour, président, et de deux membres désignés : un par le comité consultatif des arts et manufactures, un par le comité technique de la propriété industrielle.

Le demandeur d'une licence devra à cet effet, dans le délai d'un mois, après une mise en demeure restée sans effet, en saisir par voie de requête le directeur de l'office national de la propriété industrielle.

La requête sera transmise au président de la commission arbitrale prévue ci-dessus. Elle sera dénoncée au breveté dans un délai de quinze jours.

La commission, après avoir entendu le demandeur de licence, le breveté ou leurs mandataires, dans leurs explications, ou eux dûment appelés, appréciera les causes d'inaction du breveté et, s'il y a lieu, les garanties présentées par le demandeur de licence, au point de vue de l'exploitation à entreprendre du brevet, statuera sur la demande de licence et en fixera, le cas échéant, les conditions.

Art. 47. — Après un délai de deux ans à dater du prononcé de la sentence, et avant l'expiration de la troisième année, il sera loisible au breveté ou au bénéficiaire de la licence de saisir la commission d'une demande en revision des conditions de la licence; celle-ci continuera à s'exécuter provisoirement dans les conditions primitivement fixées nonobstant l'instance en revision jusqu'à ce qu'une décision définitive intervienne sur ladite instance.

Après qu'une première licence aura été accordée, il sera loisible pendant toute la durée du brevet, à tout intéressé, de présenter une nouvelle demande de licence.

La requête adressée au directeur de la propriété industrielle sera soumise à l'examen de la commission arbitrale dans les conditions indiquées plus haut.

Celle-ci, après appréciation des garanties offertes par le demandeur de licence, fixera, le cas échéant, les conditions de la nouvelle licence. Le ou les licenciés antérieurs seront avisés de la concession de cette nouvelle licence. Ils pourront, s'ils le jugent à propos, demander que les conditions de cette nouvelle licence leur soient appliquées dans l'avenir.

Les sentences de la commission arbitrale ne seront susceptibles de recours que devant la Cour de cassation pour vice de forme ou violation de la loi.

En définitive :

Si l'on est à peu près unanime pour reconnaître que *la licence obligatoire constitue un progrès sur la menace de déchéance résultant de la non-exploitation telle que la prononçait la loi de* 1844, *on se trouve, au contraire, en terrain beaucoup plus contesté lorsqu'on arrive aux articles* 48 *et* 49 (Section II du titre VI), *visant l'expropriation des brevets.*

XII. — L'expropriation des brevets.

Après une discussion très animée sur l'expropriation proposée dans l'*intérêt de la défense nationale*, il ne semblait pas que l'accord dût être en vérité difficile. Des dispositions rencontrées dans les lois étrangères (*Autriche, Italie, Angleterre...*) assurent déjà dans ce but l'autorité nécessaire au Gouvernement, avec, pour l'Angleterre, la stipulation que l'expropriation est faite pour le *Service de la Couronne.*

En France, la loi d'organisation du pays pour le temps de guerre a, par son *Art.* 11, prévu l'emploi de toute invention pour le compte exclusif de l'État, ainsi que l'interdiction, par l'État, de toute divulgation ou application des brevets qu'il jugerait utiles à la défense nationale.

Nombre de parlementaires n'éprouvent aucune hésitation à étendre les pouvoirs d'expropriation aux inventions offrant un intérêt public. On a beaucoup discuté sur les dangers d'une telle disposition, sur la sauvegarde qu'il convient d'assurer aux droits de l'inventeur que l'État a lésé lorsqu'il en a eu le pouvoir. M Jacques Poitou-Duplessy, a, par exemple, tenté d'obtenir la promesse par l'État, non seulement d'une *rémunération équitable*, mais encore d'une *indemnité préalable.*

Il est très intéressant de se demander, en lisant le texte de l'*Art.* 48 voté par la Chambre, si le patriotisme des inventeurs français suffira toujours à éviter à l'État le danger dont l'a menacé M, Reibel, c'est-à-dire *le dépôt, par l'inventeur, de brevets étrangers préférablement au brevet français dont on attend le dépôt à l'Office parisien des brevets pour s'en saisir au nom de l'État.*

« Ces inventeurs, dit M. Reibel, ne prendront pas leur brevet en France. Même s'ils sont Français, ils commenceront par le prendre à l'étranger. Et toutes les dispositions de l'*Art.* 48, dont on vous demande le vote, deviendront caduques, parce que l'inventeur se sera dit avec infiniment de raison : Si je fais breveter, en France d'abord, mon invention, elle va être accaparée immédia-

Digitized by Google

tement par l'État français, qui empêchera l'exploitation du brevet sans que j'en retire aucune indemnité.

C'est par des adjurations répétées que le rapporteur a obtenu les suffrages de l'assemblée, en attestant que les textes élaborés par la Commission avaient en vue de concilier parfaitement les intérêts en présence et en indiquant que la Commission avait prévu, pour la procédure d'expropriation trois phases :

1° *D'abord un avis préliminaire fait connaître au détenteur du brevet que son brevet a un objet le rendant susceptible d'être exproprié.*

2° *Ensuite une commission, présidée par un conseiller de la Cour de cassation entouré de représentants de Comités consultatifs nommément désignés, se prononce sur l'opportunité du décret ministériel d'expropriation. Le décret d'expropriation est pris. C'est la deuxième phase.*

3° *Enfin, troisième phase, une commission arbitrale intervient pour fixer l'indemnité qui peut être allouée au breveté.*

Le rapporteur a indiqué, également, que M. Paul Boncour s'était, à l'occasion du vote récent de la loi organisant la défense du pays, vivement prononcé en faveur des mesures d'expropriation prévues dans le texte de la Commission. Aux suggestions d'indemnité préalable faites par M. Reibel et d'autres orateurs, le rapporteur opposait les difficultés que présente l'évaluation de la valeur d'une intervention qui est encore à ses débuts.

Notre conviction est qu'il sera encore parlé de l'*Art.* 48, et qu'on trouvera, dans le texte ultérieurement adopté, un moyen de tenir un large compte des observations si judicieusement faites par quelques-uns des opposants les plus modérés dans leur langage et leur jugement.

Sous bénéfice de ces modifications, nous renvoyons nos lecteurs aux textes ci-après des *Art.* 48 et 49, et nous considérerons comme à peu près terminé l'examen des textes législatifs sortis des délibérations de la Chambre, car sur les *Art.* 50 à 71 il n'y a guère à relever que des difficultés de second ordre, qui ne peuvent entraîner que des désaccords ne tirant pas gravement à conséquence :

Art. 48. — *Le ministre du commerce peut être autorisé par décret, moyennant une juste indemnité à payer aux inventeurs ou a leurs ayants droit, cessionnaires ou licenciés exclusifs* à exproprier pour cause d'utilité publique, *en tout ou en partie, soit en vue de leur exploitation dans les ateliers de l'État ou pour le compte de l'État dans les ateliers de l'industrie privée, soit en vue de mettre l'invention dans le domaine public, soit de les conserver secrètes, les inventions faisant l'objet ou de brevets délivrés, ou même s'il s'agit d'inventions intéressant la défense nationale, de simples demandes de brevets.*

Les ministres de la guerre et de la marine sont autorisés à cet effet à faire prendre connaissance dans les bureaux de l'office national de la propriété industrielle, à titre strictement confidentiel, de toutes les demandes de brevets déposés.

Le décret d'expropriation entraînera dépossession totale ou partielle du droit exclusif d'exploitation de l'invention réservé à l'inventeur. Il sera rendu après avis conforme d'une commission nommée par décret et comprenant un conseiller à la Cour de cassation, président, un membre du comité technique de la propriété industrielle, un membre de la chambre de commerce de Paris, auxquels seront joints, avec voix consultative, un représentant du département spécialement intéressé et un représentant de l'inventeur. L'indemnité à payer à l'inventeur sera fixée de gré à gré en cas de désaccord, par la commission arbitrale, établie par l'Art. 46 *de la présente loi, à laquelle seront adjoints deux autres magistrats de la Cour de Paris désignés par le premier président.*

Cette indemnité devra être payée dans le délai de trois mois à dater de la décision de la commission arbitrale, et, au plus tard, dans le délai d'un an à partir de la date d'expropriation. Elle portera intérêt à partir du décret d'expropriation.

Tant qu'aucune somme n'aura été versée sur l'indemnité due à l'inventeur, qu'elle ait été fixée de gré à gré ou par la commission arbitrale et au plus dans un délai de six mois après le prononcé de la sentence, le ministre intéressé conservera le droit s'il n'a pas fait usage de l'invention, de renoncer, par arrêté notifié à l'inventeur, au bénéfice de l'expropriation. Celui-ci reprendra alors tous ses droits. Une indemnité pourra lui être allouée. Elle sera fixée en cas de désaccord par la commission abitrale.

Dans le cas où une invention faisant l'objet d'un brevet devra être utilisée par l'État, le ministre intéressé pourra toujours, s'il ne juge pas nécessaire de recourir à la procédure d'expropriation du brevet, en réclamer une licence d'exploitation conformément à la section I du présent titre.

Art. 49. — *Le décret d'expropriation relatif à une invention intéressant la défense nationale pourra interdire toute divulgation ou exploitation de cette invention. Cette décision sera notifiée à l'inventeur ou à son mandataire dans le délai d'un mois à partir de la date du décret, et au plus tard dans un délai de trois mois à partir de la date du dépôt du brevet.*

Les opérations de délivrance au nom du demandeur primitif, ainsi que la publication officielle du brevet ou de la description, seront immédiatement suspendues et aucune copie officielle des pièces jointes à la demande ne sera plus délivrée.

Toute divulgation de l'invention par l'inventeur ou un mandataire ou ayant droit, postérieurement à la notification ci-dessus prévue, sera punie des peines portées à l'Art. 2 *de la loi du* 18 *avril* 1886 *sur l'espionnage, que cette divulgation ait été commise en France ou à l'étranger. L'Art.* 463 *du code pénal demeurera applicable.*

Sera punie des peines ci-dessus toute divulgation d'une invention faisant l'objet d'un brevet secret déposé au nom de l'État, dans les conditions indiquées à l'Art. 15.

A. Z.

Digitized by Google

MESURE DE LA PUISSANCE
OU DE
L'ÉNERGIE RÉACTIVE D'UN RÉSEAU TRIPHASÉ

Dans cet article sommaire, nous mettrons en relief les différentes formules suivant lesquelles sont effectuées les mesures de puissance réactive et nous dégagerons les hypothèses sur lesquelles s'appuient ces mesures.

Nous ne nous occuperons, ni de la précision, ni de la construction de l'élément wattmétrique et, pour ces questions, nous renvoyons le lecteur aux catalogues des différents constructeurs.

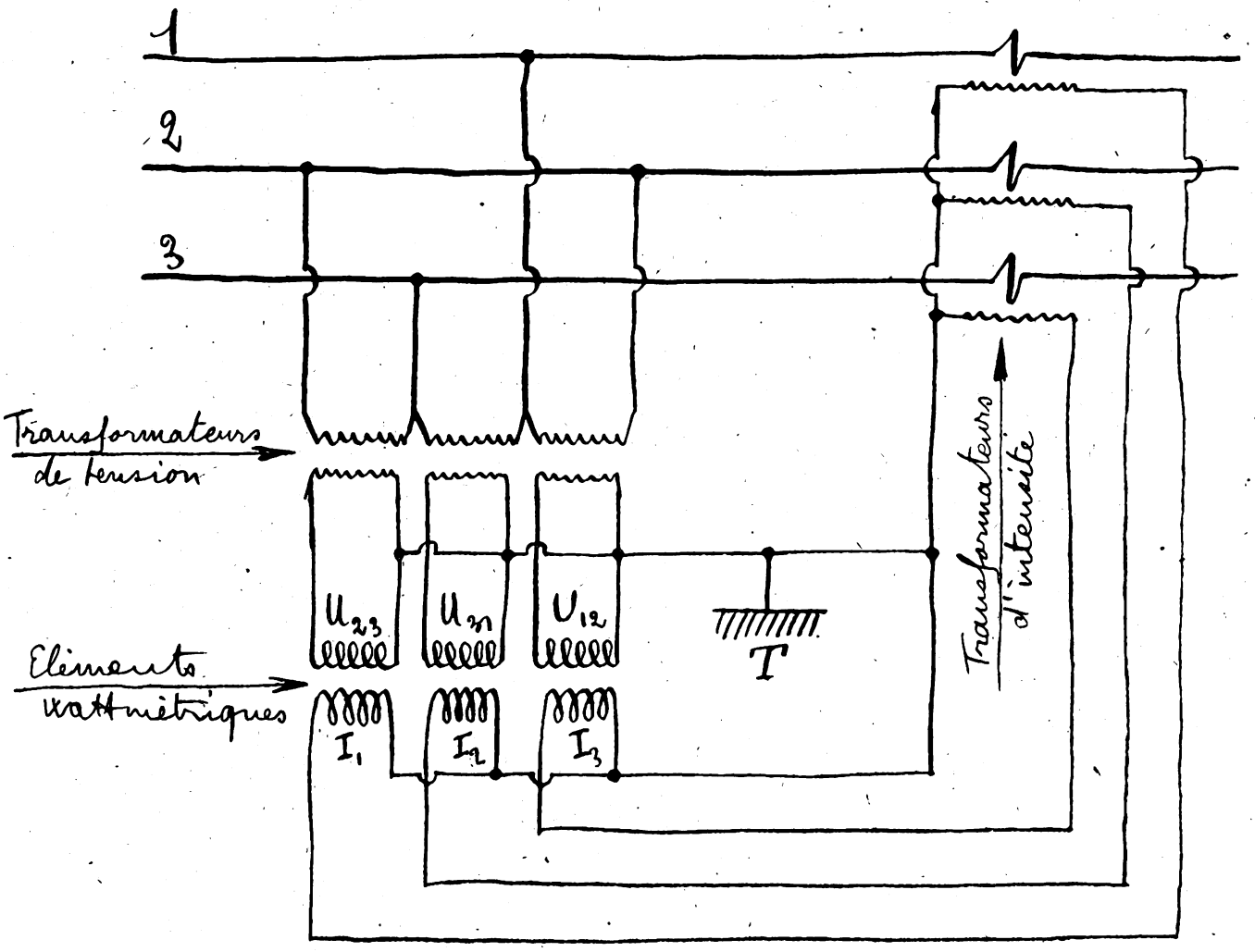


Fig. 1.
Montage pour mesure suivant formule (2) avec hypothèses (α et β).

I. — Éléments wattmétriques actifs et réactifs.

Les éléments wattmétriques employés pour la mesure de la puissance réactive sont de deux catégories différentes :

1° Les uns, éléments wattmétriques ordinaires, donnent la valeur du produit :

$$UI\cos\varphi$$

U étant la valeur efficace de la tension appliquée aux bornes du circuit fil fin.

I étant la valeur efficace du courant traversant le circuit gros fil.

φ étant le décalage électrique du courant I sur la tension U.

Nous pouvons appeler ces éléments, des éléments wattmétriques réels ou actifs, car leur indication représente la puissance développée par un courant I décalé de l'angle φ sur la tension U qui l'engendre. Ce sont les éléments des wattmètres et des compteurs ordinaires.

2° Les autres, que nous appellerons également éléments wattmétriques, donnent la valeur du produit :

$$UI\sin\varphi.$$

Nous pouvons les appeler éléments wattmétriques réactifs; en effet, leur indication représente la gran-

Digitized by Google

deur que l'on convient d'appeler puissance réactive.

Signalons que la Cie de construction électrique fabrique des compteurs d'énergie réactive montés avec des éléments wattmétriques de ce type.

II. — Formule générale de comptage.

La puissance réactive absorbée par un réseau triphasé a pour expression :

$$(1) \qquad P = I_1 U_1 \sin \varphi_1 + I_2 U_2 \sin \varphi_2 + I_3 U_3 \sin \varphi_3.$$

U_1, U_2, U_3 étant les tensions efficaces simples.

I_1, I_2, I_3 étant les intensités efficaces.

φ_1, φ_2, φ_3 étant les décalages de I_1, I_2, I_3 relativement à U_1, U_2, U_3.

$$\varphi_1 = \widehat{I_1, U_1}$$

$$\varphi_2 = \widehat{I_2, U_2}$$

$$\varphi_3 = \widehat{I_3, U_3}.$$

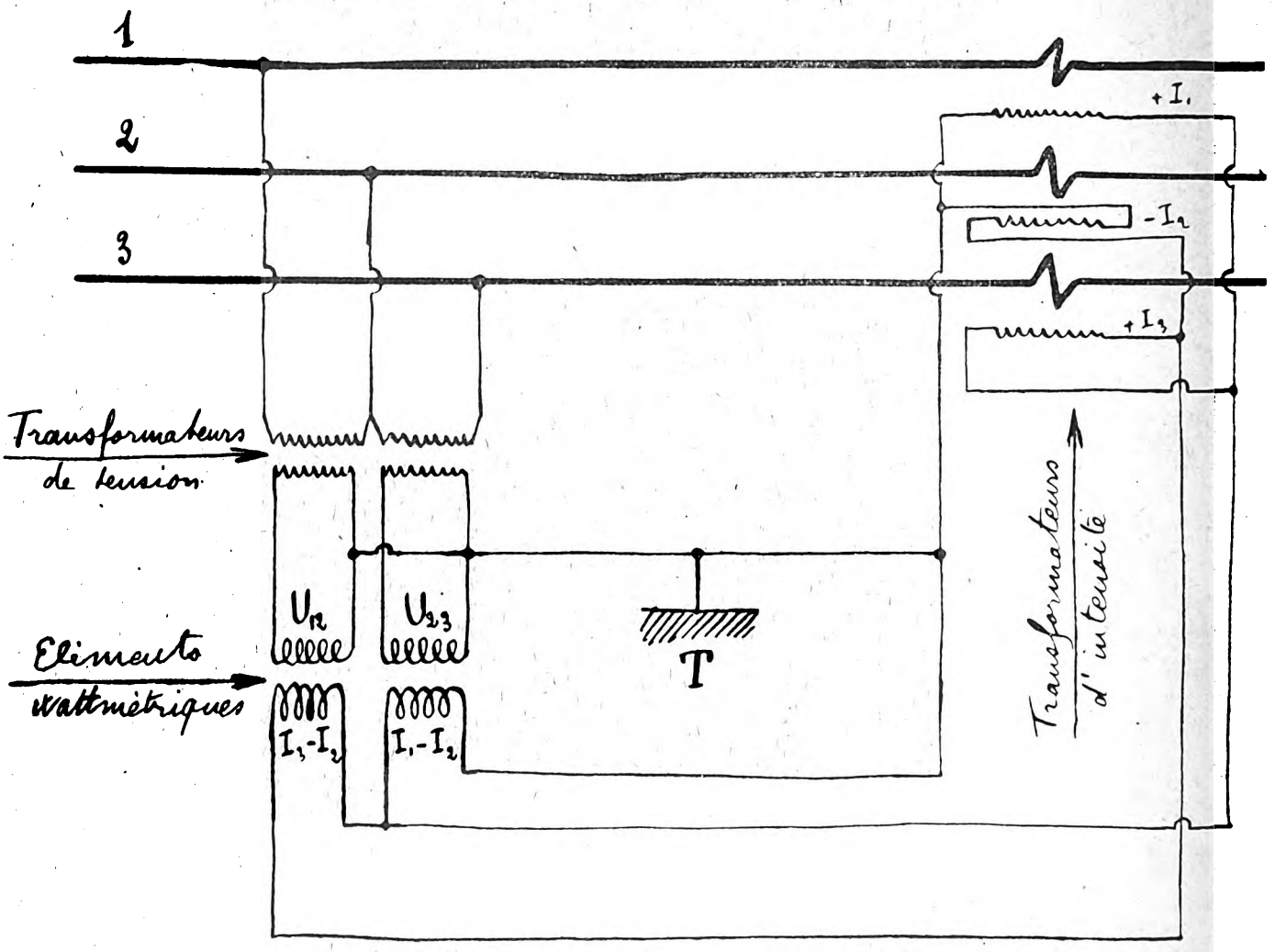


Fig. 2.
Montage pour mesure suivant formule (5) avec hypothèses (α) et (β).

III. — Utilisation des éléments wattmétriques actifs.

Pour que l'indication de ces appareils soit :

$$UI \sin \varphi$$

il suffit d'appliquer à l'enroulement fil fin une tension $U' = U$ en retard de 90° sur la tension U. Leur indication sera alors :

$$IU' \cos \widehat{I, U'} = IU' \cos (\widehat{I, U} + \widehat{UU'}) =$$

$$= IU' \cos (\widehat{I, U} - 90°) = IU' \sin \widehat{I, U} = IU \sin \varphi.$$

Dans certains cas particuliers, nous pourrons obtenir cette tension U', modifier la formule (1) et en déduire diverses méthodes de mesure.

a) Supposons :

1° Les tensions régulièrement déphasées :

$$\widehat{U_1, U_2} = \widehat{U_2, U_3} = \widehat{U_3, U_1} \qquad \text{hypothèse } (\alpha).$$

2° Les tensions simples égales :

$$U_1 = U_2 = U_3 \qquad \text{hypothèse } (\beta).$$

Digitized by Google

Posons :

$$U_{23}\,\Omega\,U_2 - U_3$$

(Ω signifie somme géométrique).

Dans ces conditions, on a :

$$U_{23} = U_{31} = U_{12} = \sqrt{3}\,U_1 = \sqrt{3}\,U_2 = \sqrt{3}\,U_3$$

$$\widehat{U_{23}, U_1} = \widehat{U_{31}, U_2} = \widehat{U_{12}, U_3} = 90^\circ.$$

Le terme $I_1 U_1 \sin\varphi_1$ peut s'écrire :

$$I_1 U_1 \sin\varphi_1 = I_1 U_1 \sin \widehat{I_1, U_1} = I_1 U_1 \sin(\widehat{I_1, U_{23}} + \widehat{U_{23}, U_1}) =$$

$$I_1 U_1 \sin(\widehat{I_1, U_{23}} + 90) = I_1 U_1 \cos \widehat{I_1, U_{23}} =$$

$$I_1 \frac{U_{23}}{\sqrt{3}} \cos \widehat{I_1, U_{23}}.$$

Ce dernier terme est l'indication d'un élément watt-

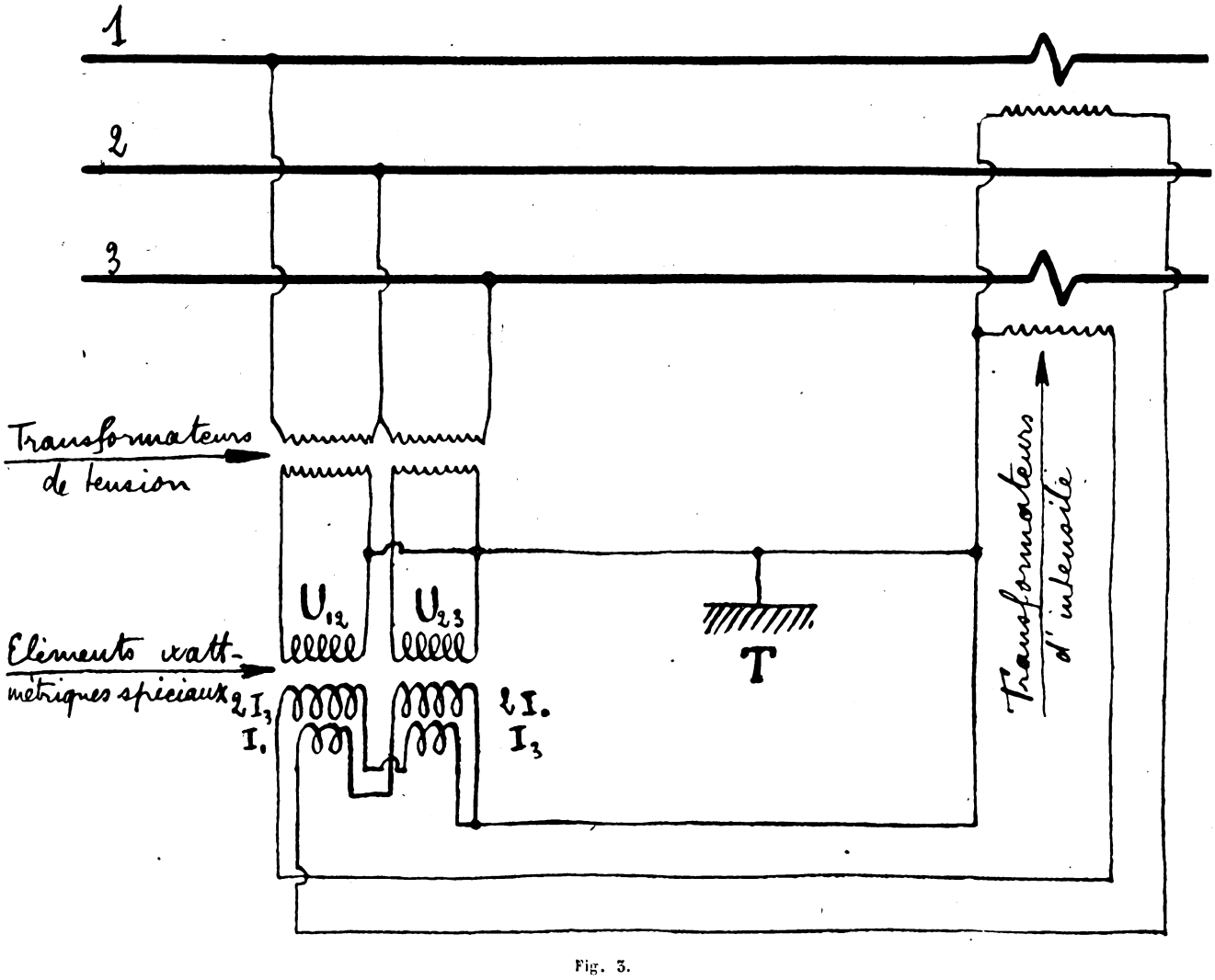


Fig. 3.

Montage pour mesure suivant formule (4) avec hypothèses (α), (β), (γ).

métrique actif dont le circuit fil fin est alimenté par la tension

$$\frac{U_{23}}{\sqrt{3}}$$

et le circuit gros fil traversé par le courant I_1 ; si l'on alimente le circuit fil fin par la tension U_{23}, il suffira de diviser l'indication par $\sqrt{3}$ pour obtenir la valeur de :

$$I_1 U_1 \sin\varphi_1.$$

On voit que la formule (4) peut s'écrire :

$$(2) \qquad P = \frac{\sqrt{1}}{3}\left[I_1 U_{23} \cos \widehat{I_1, U_{23}} + \right.$$

$$\left. + I_2 U_{31} \cos \widehat{I_2, U_{31}} + I_3 U_{12} \cos \widehat{I_3, U_{12}}\right].$$

Le montage se conçoit de lui-même ; il exige 3 éléments wattmétriques actifs, 3 transformateurs d'intensité, 3 transformateurs monophasés de tension.

b) Conservons les mêmes hypothèses (α) et (β).

En représentant par des lettres minuscules les valeurs instantanées, la formule (2) peut s'écrire :

Digitized by Google

$$p = \frac{1}{\sqrt{3}}\left[i_1 u_{23} + i_2 u_{31} + i_3 u_{12}\right].$$

Ou, comme :

$$u_{31} = -u_{12} - u_{23}$$

$$p = \frac{1}{\sqrt{3}}\left[(i_1 - i_2)\,u_{23} + (i_3 - i_2)\,u_{12}\right]$$

ou en valeurs efficaces :

$$(3) \qquad P = \frac{1}{\sqrt{3}}\left[(I_1 - I_2)\,U_{23}\cos\widehat{(I_1 - I_2), U_{23}} + (I_3 - I_2)\,U_{12}\cos\widehat{(I_3 - I_2), U_{12}}\right]$$

$(I_1 - I_2)\,U_{23}\cos\widehat{(I_1 - I_2), U_{23}}$ est l'indication d'un élément

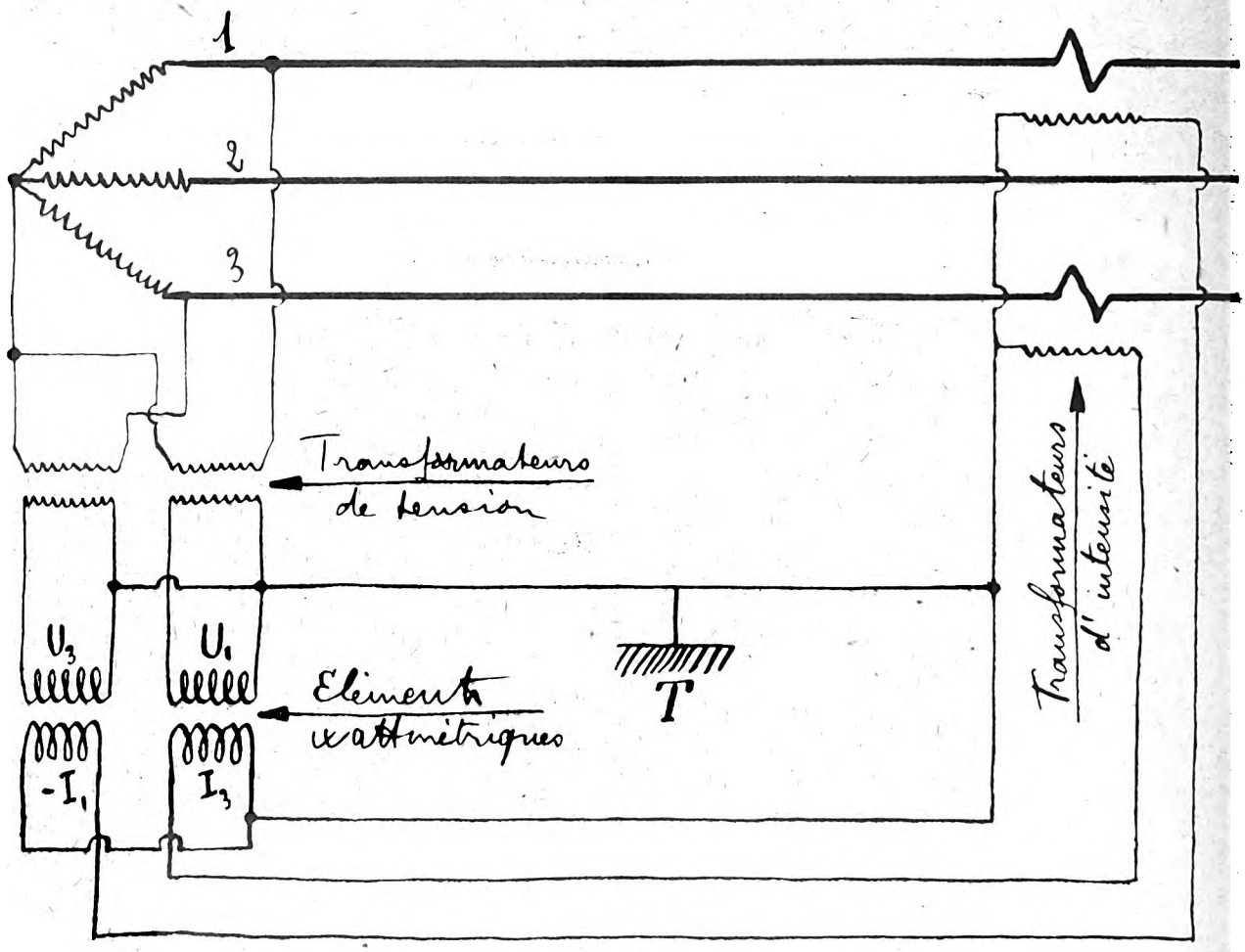


Fig. 4.
Montage pour mesure suivant formule (5) avec hypothèses (α, β, δ).

wattmétrique actif dont le circuit fil fin est alimenté par la tension U_{23} et le circuit gros fil traversé par le courant $(I_1 - I_2)$.

Le montage exige 2 éléments wattmétriques, 3 transformateurs d'intensité, 2 transformateurs de tension monophasés.

Signalons en passant qu'il existe des compteurs à double enroulement d'intensité; un des enroulements est traversé par le courant I_1, l'autre par le courant $-I_2$ (Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz, système Illovici).

c) Maintenons les hypothèses (α) et (β) et supposons :

$$I_1 + I_2 + I_3 \Omega 0 \qquad \text{(hypothèse } \gamma\text{)}.$$

On a alors :

$$I_1 - I_2 \Omega 2 I_1 + I_3$$
$$I_3 - I_2 \Omega 2 I_3 + I_1.$$

La formule (3) devient :

$$(4) \qquad P = \frac{1}{\sqrt{3}}\left[(2I_1 + I_3)\,U_{23}\cos\widehat{(2I_1 + I_3), U_{23}} + (2I_3 + I_1)\,U_{12}\cos\widehat{(2I_3 + I_1), U_{12}}\right].$$

Le montage exige 2 transformateurs d'intensité, 2 transformateurs de tension monophasés; il faut, de plus, 2 éléments wattmétriques à double enroulement d'intensité, l'un des enroulements ayant deux fois plus de spires que l'autre.

Il existe des compteurs d'énergie réactive, basés sur ce principe (Cie des compteurs).

Remarque. — On peut toujours admettre l'hypothèse (γ) lorsque le comptage de l'énergie active est effectué (cas

Digitized by Google

général de la haute tension) par la méthode du double wattmètre et suivant la formule :

$$P_a = I_1 U_{13} \cos \widehat{I_1, U_{13}} + I_2 U_{23} \cos \widehat{I_2, U_{23}}.$$

Cette formule implique, en effet, l'hypothèse (γ); c'est le cas de tous les réseaux à neutre isolé et sans quatrième fil.

d) Conservons les hypothèses (α), (β), (γ). L'équation (2) en valeurs instantanées :

$$p = \frac{1}{\sqrt{3}} (i_1 u_{23} + i_2 u_{31} + i_3 u_{12})$$

peut s'écrire, en remarquant que :

$$i_2 = -i_1 - i_3$$

$$p = \frac{1}{\sqrt{3}} \left[i_1 (u_{23} - u_{31}) + i_3 (u_{12} - u_{31}) \right].$$

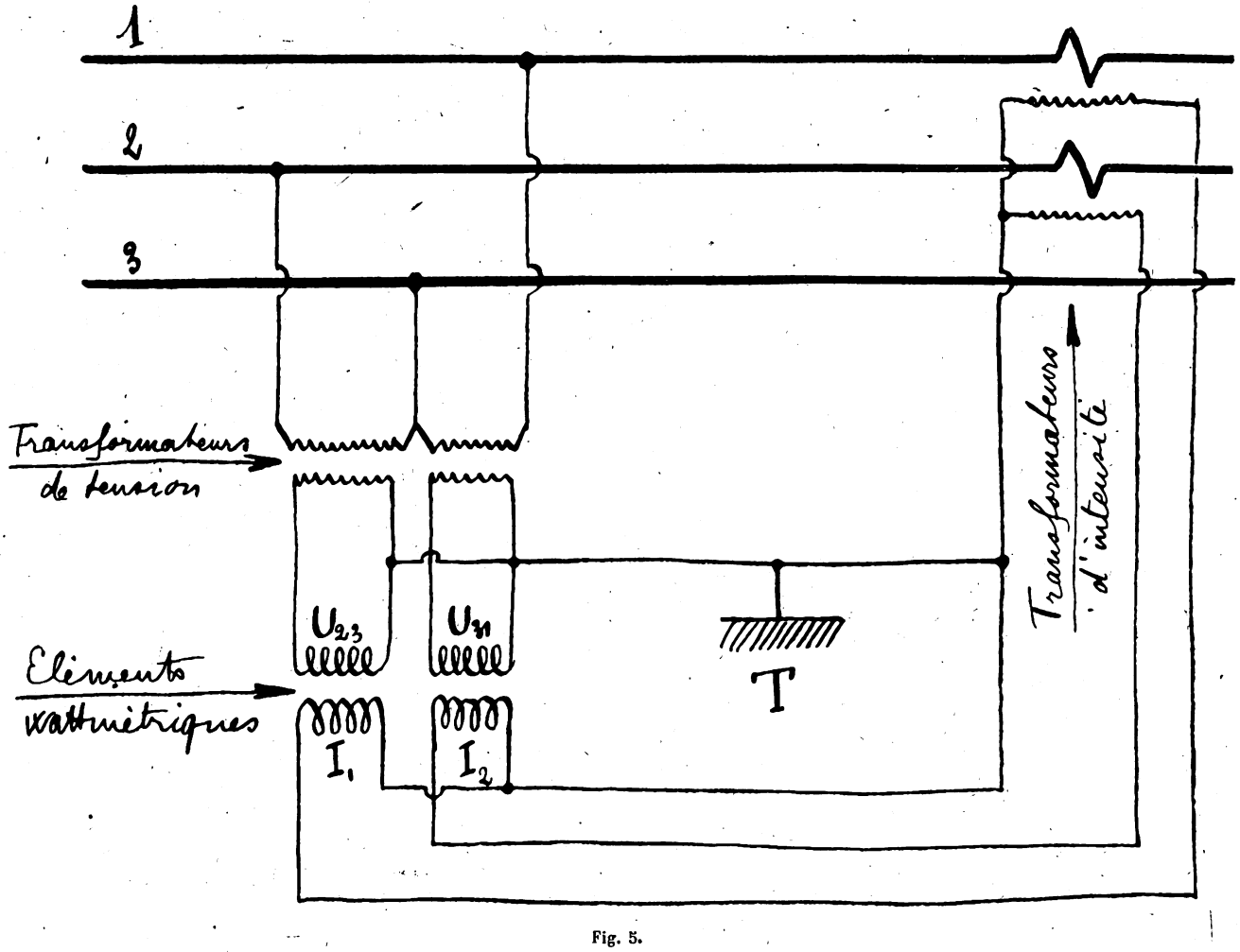


Fig. 5.

Montage pour mesure suivant formule (6) avec hypothèses (α), (β), (δ).

Mais :

$$u_{23} - u_{31} = u_2 - u_3 - u_3 + u_1 = -3u_3$$

$$u_{12} - u_{31} = u_1 - u_2 - u_3 + u_1 = 3u_1.$$

D'où :

$$p = \sqrt{3} (i_3 u_1 - i_1 u_3)$$

ou en valeurs efficaces :

$$(5) \qquad P = \sqrt{3} \left[I_3 U_1 \cos \widehat{I_3, U_1} - I_1 U_3 \cos \widehat{I_1, U_3} \right].$$

Il faut accéder au neutre du réseau ou créer un neutre artificiel.

Le montage exige 2 éléments wattmétriques, 2 transformateurs d'intensité et 2 transformateurs de tension monophasés.

e) Conservons les hypothèses (α) et (β) et supposons de plus :

hypothèse (δ) $2 I_3 U_{12} \cos \widehat{I_3, U_{12}} = I_1 U_{23} \cos \widehat{I_1, U_{23}} + I_2 U_{31} \cos \widehat{I_2, U_{31}}$

ou, puisque les tensions sont triphasées :

$$(\delta') \qquad 2 I_3 \cos \widehat{I_3, U_{12}} = I_1 \cos \widehat{I_1, U_{23}} + I_2 \cos \widehat{I_2, U_{31}}.$$

L'égalité (δ) signifie que la puissance réactive de la troisième phase est la moyenne arithmétique des puis-

Digitized by Google

sances réactives des phases 1 et 2 ; δ' exprime le même fait pour le courant réactif.

En particulier, l'hypothèse (δ) est vérifiée si l'on a :

$$\begin{cases} I_1 + I_2 + I_3 \Omega 0 \\ \varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3. \end{cases}$$

C'est le cas du courant triphasé équilibré.

La formule (2) peut s'écrire en tenant compte de (δ) :

$$(6) \qquad P = \frac{\sqrt{3}}{2}\left[I_1 U_{23} \cos \widehat{I_1, U_{23}} + I_2 U_{31} \cos \widehat{I_2, U_{31}}\right].$$

Si nous rapprochons cette formule de :

$$P_a = I_1 U_{13} \cos \widehat{I_1, U_{13}} + I_2 U_{23} \cos \widehat{I_2, U_{23}}$$

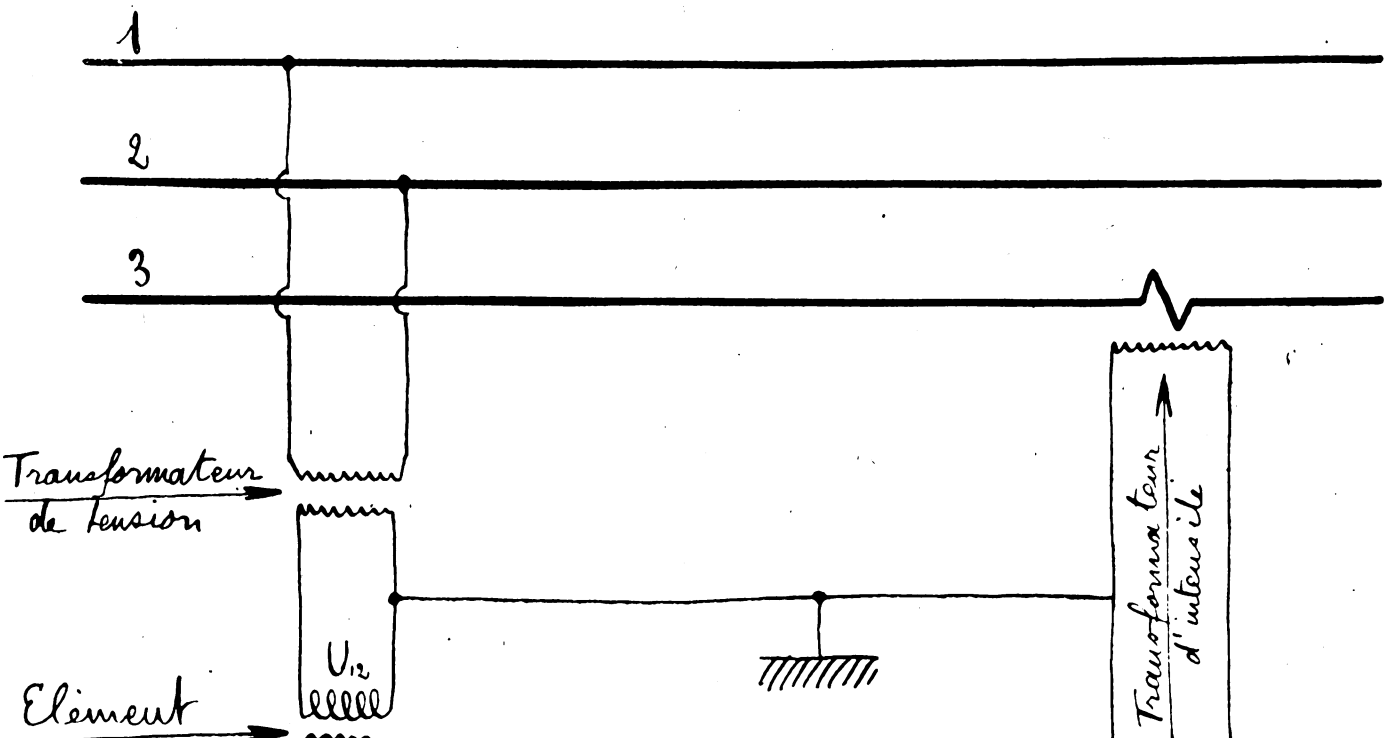


Fig. 6.

Montage pour mesure suivant formule (7) avec hypothèses (α), (β), (δ).

nous voyons que les mêmes transformateurs de mesure peuvent servir pour la mesure soit de la puissance active, soit de la puissance réactive; les mêmes wattmètres ou compteurs pourront être utilisés. Il suffira de permuter les tensions alimentant les circuits fil fin.

Le montage exige 2 éléments wattmétriques, 2 transformateurs d'intensité, 2 transformateurs de tension monophasés.

f) Conservons les mêmes hypothèses que précédemment (α), (β), (δ).

La formule (2) peut encore s'écrire :

$$(7) \qquad P = \sqrt{3}\, I_3 U_{12} \cos \widehat{I_3, U_{12}}.$$

Cette formule, très simple, est aussi exacte que la formule (6) puisqu'elle repose sur les mêmes hypothèses.

Le montage exige un élément wattmétrique, un transformateur d'intensité, un transformateur de tension monophasé.

IV. — Utilisation des éléments wattmétriques réactifs.

a) Nous avons à mesurer la quantité :

$$(1) \qquad P = I_1 U_1 \sin \widehat{I_1, U_1} + I_2 U_2 \sin \widehat{I_2, U_2} + I_3 U_3 \sin \widehat{I_3, U_3}.$$

Le montage exige 3 éléments wattmétriques réactifs, 3 transformateurs d'intensité, 3 transformateurs de tension monophasés; il faut, de plus, avoir accès au neutre du système.

Le montage est tout à fait général et s'applique à n'importe quel circuit polyphasé.

Digitized by Google

b) Supposons, ce qui est presque toujours le cas pour les réseaux haute tension :

$$I_1 + I_2 + I_3 \Omega 0. \qquad (\gamma)$$

Nous aurons alors :

$$I_3 U_3 \sin \widehat{I_3, U_3} = - I_1 U_3 \sin - \widehat{I_1, U_3} - I_2 U_3 \sin - \widehat{I_2, U_3}.$$

Et comme :

$$U_1 - U_3 \Omega U_{13}$$

$$U_2 - U_3 \Omega U_{23}$$

la formule (1) devient :

$$(8) \qquad P = I_1 U_{13} \sin \widehat{I_1, U_{13}} + I_2 U_{23} \sin \widehat{I_2, U_{23}}.$$

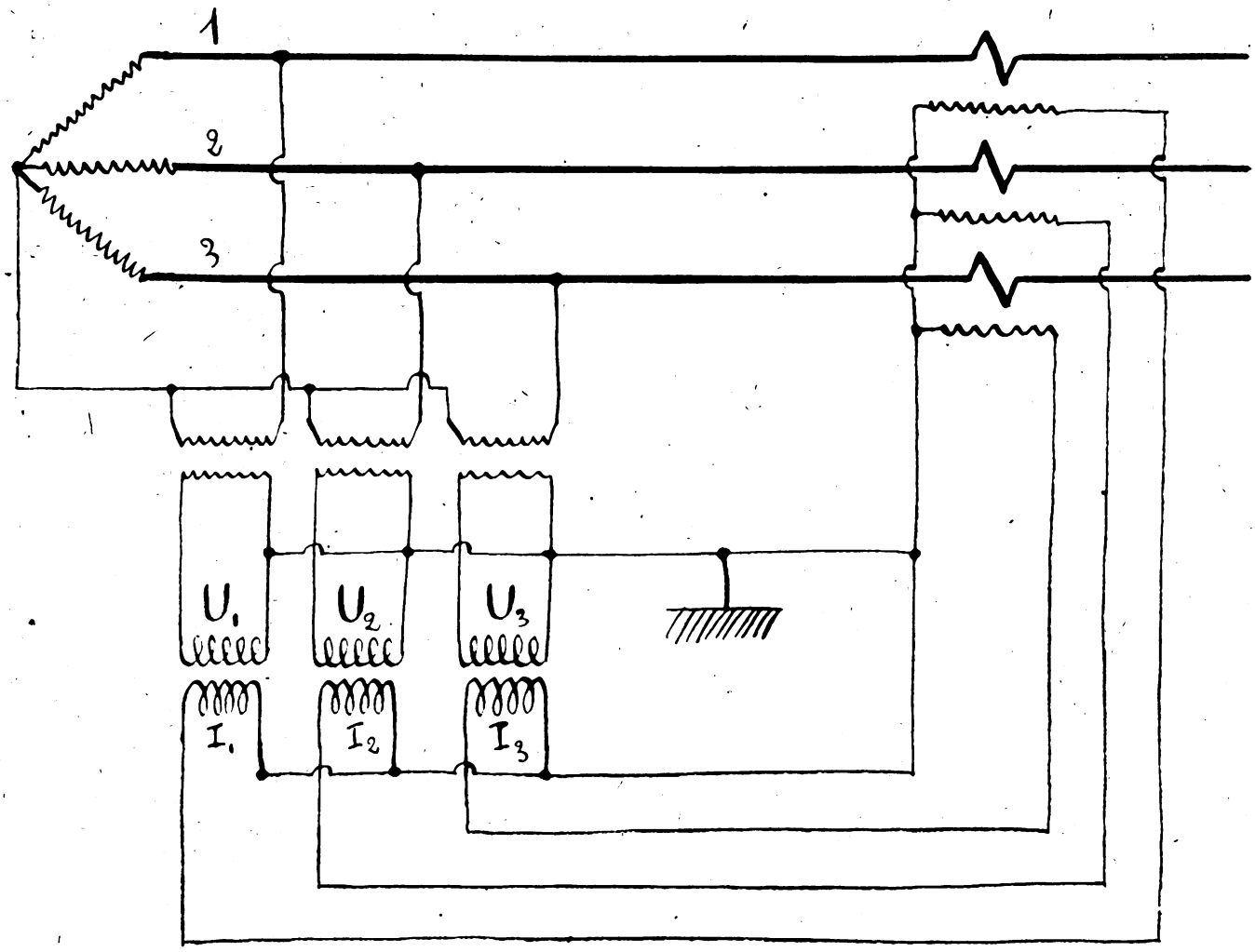


Fig. 7.

Montage pour mesure suivant formule (1) avec éléments wattmétriques réactifs.

Le montage est identique à celui de la mesure de l'énergie active suivant la formule :

$$P_a = I_1 U_{13} \cos \widehat{I_1, U_{13}} + I_2 U_{23} \cos \widehat{I_2, U_{23}}$$

et repose sur la même hypothèse (γ).

Il nécessite 2 éléments wattmétriques réactifs, 2 transformateurs d'intensité, 2 transformateurs de tension monophasés.

V. — Conclusions.

Nous pensons avoir mis en relief les différentes méthodes de mesure et avoir détaillé suffisamment les hypothèses sur lesquelles elles s'appuient.

Il résulte de cette étude rapide que toutes les mesures utilisant des éléments wattmétriques actifs supposent les tensions triphasées; d'une façon générale, ces mesures ne seront applicables avec exactitude que lorsque les courants seront également triphasés.

On rencontre souvent des compteurs d'énergie réactive, montés suivant la formule (6); il vaudrait beaucoup mieux employer la formule (7) qui repose sur les mêmes hypothèses et exige un montage bien plus simple.

Les éléments wattmétriques actifs ont le gros avantage de pouvoir être étalonnés avec des wattmètres ordinaires. De plus, l'erreur provenant de ce que l'on a admis les hypothèses (α) et (β) est généralement très inférieure à 10 pour 100; comme la pénalisation due pour l'utilisation

Digitized by Google

de l'énergie réactive est au maximum de 20 pour 100 du prix de l'énergie active, l'erreur sur le coût total de l'énergie est au maximum de :

$$0{,}1 \times 0{,}2 = 0{,}02 = 2 \text{ pour } 100.$$

L'erreur est donc du même ordre de grandeur que l'erreur propre du compteur actif. Aussi emploie-t-on souvent des éléments wattmétriques actifs.

Enfin lorsqu'on voudra effectuer avec précision des mesures de puissance réactive, il faudra employer des éléments wattmétriques réactifs en utilisant les formules (1) ou (8). Toutefois, l'étalonnage de ces éléments

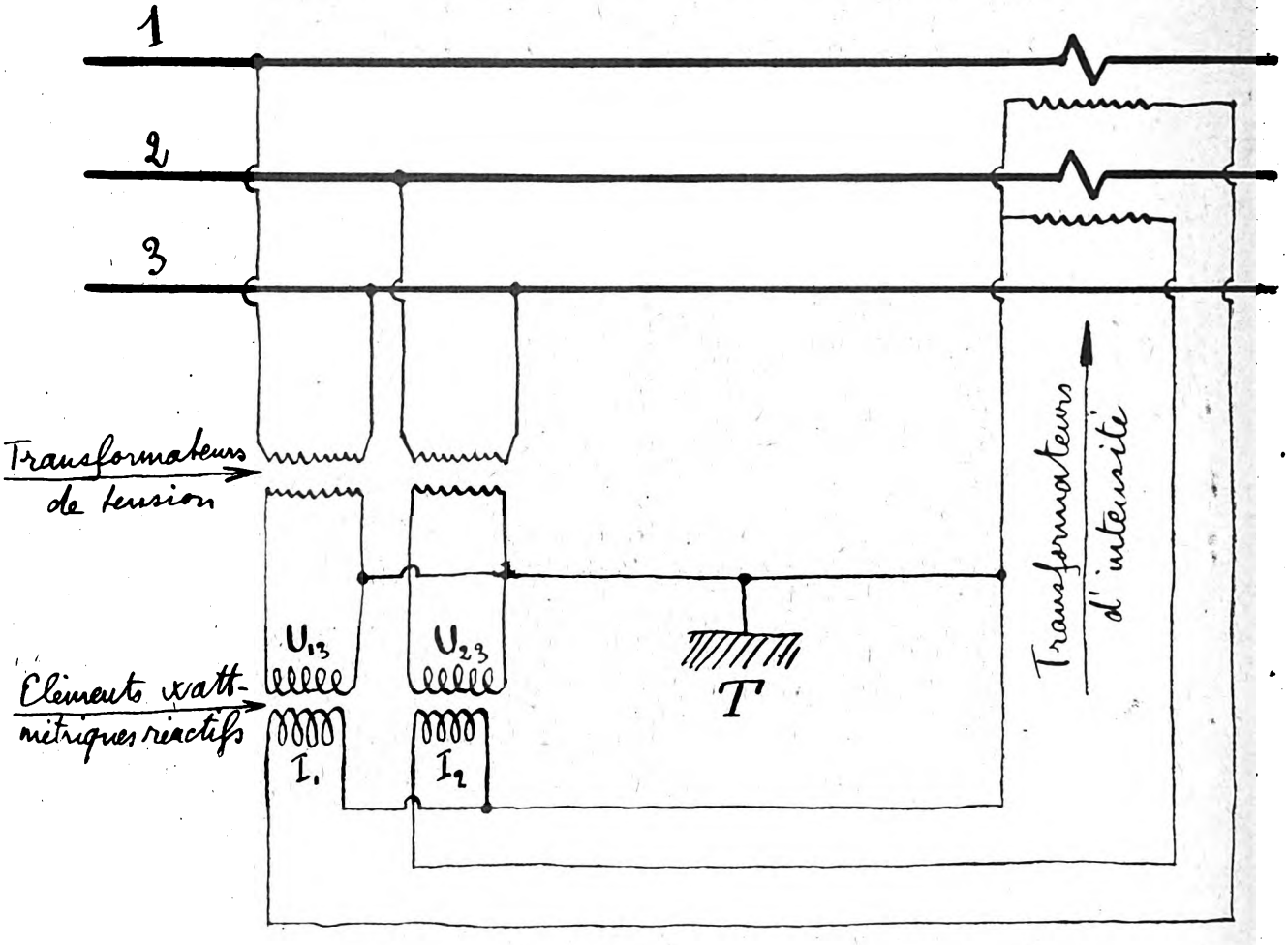


Fig. 8.

Montage pour mesure suivant formule (8) hypothèse γ et éléments wattmétriques réactifs.

exigera, à l'heure actuelle tout au moins, un wattmètre ordinaire, un ampèremètre et un voltmètre.

G. Poux.
Ingénieur I. E. G.
Licencié ès sciences.

REVUE DE LA PRESSE

TRACTION ÉLECTRIQUE

Les nouvelles locomotives de 4500 ch du chemin de fer du Lötschberg. (*E. T. Z.*, 17 février 1927, pages 193-197.) — Les conditions imposées aux locomotives 2500 ch, en service depuis 1913 sur la ligne du Lötschberg, étaient les suivantes : remorquage d'une charge de 510 t sur rampe de 0,027 à 50 km : h. Fin 1924, en vue de la fourniture de nouvelles locomotives, la Compagnie des chemins de fer imposa de satisfaire aux exigences suivantes : remorquage d'une charge de 550 t sur rampe de 0,027 à 50 km : h, démarrage avec cette charge en rampe de 0,027 dans une courbe de 300 m de rayon, vitesse maximum de 75 km : h, pression maximum sur essieu moteur de 19 t, poids maximum de 7 t par mètre de longueur. Les nouvelles locomotives fournies par les Ateliers Sécheron ont largement satisfait aux essais exigés, au point que le département des chemins de fer suisse donna, à la suite des essais, l'autorisation de passer le poids du convoi de 550 à 600 t. Les échauffements relevés sur les machines sont inférieurs à ceux admis par les règlements suisses et ce n'est que l'adhérence qui limite le poids remorqué. Le coefficient d'adhérence, pour les conditions de démarrage ci-dessus indiquées, est égal à 1/3,4 et de 1/4,75 à une vitesse de 50 à 52 km : h. Le rendement moyen de la locomotive complète est de 0,85 à la jante et de 0,66 au crochet. Ces locomotives sont actuellement les plus puissantes

Digitized by Google

machines fonctionnant en monophasé; elles ont les caractéristiques générales suivantes :

Type : 1 — 3 A + 3 A — 1		
Longueur entre tampons	en mm.	20 260
Empattement total	—	16 800
Diamètre sur jante des roues motrices	—	1 350
Diamètre sur jante des roues porteuses	—	960
Rapport d'engrenages	—	1/5,866
Puissance horaire à la jante	en ch.	4 500
Puissance continue à la jante	—	3 700
Effort horaire à la jante	en kg.	24 300
Effort continu à la jante	—	20 000
Effort maximum à la jante, au départ	—	34 000
Vitesse normale de déplacement	en km : h.	50
Vitesse maximum de déplacement	—	75
Poids de la partie mécanique, y compris arbre creux et accouplement à ressorts	en kg.	77 000
Poids de la partie électrique	—	64 000
Poids contrôlé, en ordre de marche, y compris équipage et approvisionnements pour le service	en kg.	141 600
Poids adhérent	—	114 600
Masse puissancique en ordre de marche : puissance horaire	en kg : ch.	31,4
Rapport de la puissance horaire à la longueur de la locomotive	ch : m.	222
Poids d'un essieu avec ses roues	en kg.	2 300
Poids de l'arbre creux avec engrenages	—	870
Poids de l'accouplement à ressorts	—	505
Poids d'un essieu complet	—	3 675
Facteur de puissance moyen		0,93
Consommation moyenne, au démarrage par 1 kg. d'effort au crochet	en watts.	60

A titre comparatif, les locomotives type 1 — 3 A — 1 de 200 ch, des Ateliers de Sécheron, caractérisées par leur poids réduit de 81 t, donnaient les rapports suivants : 40,5 kg : ch et 163 ch : m.

La locomotive repose sur l'intermédiaire de deux tourillons avec butées à rouleaux sur deux bogies à châssis extérieur, chacun d'eux comprenant trois essieux moteurs à commande individuelle et un bissel avec ressort de rappel. Des leviers compensateurs répartissent la charge sur les différents essieux.

La commande individuelle des essieux est réalisée au moyen de moteurs jumelés fixés sur les bogies; ces moteurs sont munis de pignons à denture inclinée et entraînent de chaque côté l'essieu par l'intermédiaire d'un accouplement élastique à arbre creux, commande supérieure au système Westinghouse du fait qu'elle est applicable à des roues motrices de plus faible diamètre (1350 mm au lieu de 1600 mm), et par suite du poids plus réduit du jeu de roues, du prix plus faible des bandages de roues, du plus petit empattement; on obtient en outre une meilleure utilisation de l'espace pour loger les ressorts d'entraînement, une exécution plus simple de ces derniers en même temps qu'une plus longue durée de ces pièces soumises à des contraintes peu élevées.

Les moteurs d'entraînement sont montés en tandem; ils sont monophasés, type série, compensés, à pôles auxiliaires shuntés, hexapolaires, à ventilation artificielle; ils ont les caractéristiques suivantes : puissance horaire sur la jante d'un groupe tandem : 2×375 ch à 1150 t : m, sous 2×355 v, 910 a, $\cos \varphi = 0{,}975$, pour une vitesse de 50 km : h; poids du groupe, y compris carter d'engrenages et paliers de l'arbre creux, sans les pignons : 5050 kg, soit 6,7 kg : ch de puissance horaire.

La commande des moteurs s'opère suivant le montage utilisé habituellement sur les locomotives des Ateliers Sécheron. Par contre, la commande électro-pneumatique a été remplacée par une commande mécano-pneumatique spéciale du système Meyfarth : un arbre à cames commandé mécaniquement agit sur les soupapes à air comprimé actionnant les contacteurs. Un verrouillage mécanique s'oppose à une manœuvre intempestive des appareils et règle l'ordre de succession des couplages.

La machine comporte, en outre, un transformateur à prises multiples, des contrôleurs d'inversion du sens de marche, des résistances pour le freinage électrique, des machines auxiliaires utilisées pour fournir l'air nécessaire soit à la ventilation des machines, soit aux freins Westinghouse et aux appareils de la commande pneumatique. C. F.

La transmission des signaux aux trains en marche. (O. Roudolf, *E. T. Z.*, 10 février 1927, pages 164-167.) — Aucun des essais tentés soit avec commande mécanique au moyen de vapeur ou d'air sous pression provenant de la locomotive, soit avec transmission électrique, n'a donné pleine satisfaction, les contacts mécaniques ou glissants étant mis hors service par la neige et le givre. Les appareils à commande électromagnétique ou à commande sans fil paraissent appelés à avoir plus de succès.

Il faut indiquer au mécanicien une position d'attention au passage du signal avancé. Le freinage simultané et commandé automatiquement, bien que réalisable même sur les trains de marchandises, ceux-ci étant pourvus du frein continu, n'est pas, en règle générale, à admettre. Dans les tramways, métropolitains électriques, en raison de la faible vitesse et de l'unification du matériel, les conditions sont autres et il est possible de freiner automatiquement au signal principal, à l'aide du verrou de blocage de la voie. Cet appareil, complémentaire du signal, est disposé soit à la hauteur de la toiture des voitures, soit le long d'un rail. Dans la position d'arrêt du signal le levier du verrou frappe le levier d'une soupape, placée sur la voiture de tête, qui actionne le frein ; en position de voie libre, le verrou s'efface et laisse passer la soupape de la voiture.

Un autre procédé pour indiquer au mécanicien l'emplacement du signal avancé consiste à placer, en avant de ce dernier et normalement à la voie, des panneaux à raies noires et blanches, mais ceux-ci ne sont pas visibles, en hiver, par temps de neige. Signaux à pétards ou à sifflets ne sont pas perceptibles aux grandes vitesses.

De tous les dispositifs deux seulement subsistent et font l'objet d'essais sur les chemins de fer de l'État allemand : l'un à commande électromagnétique, l'autre à commande sans fil.

1. La sécurité automatique des trains (construction C. Stahmer). Le transmetteur est un puissant aimant permanent à plusieurs lames et à pièces polaires allongées dans le sens de l'axe de la voie; il est suspendu par une console à une hauteur supérieure à celle de la locomotive, ou se trouve disposé sur les traverses, entre les rails, à l'emplacement du signal avancé. Le récepteur, placé sur la locomotive dans une position correspondant à celle du transmetteur, se trouve soit au-dessus de la plate-forme de la locomotive, soit sous celle-ci; il est constitué par deux fortes pièces polaires en fer doux, placées également parallèlement à l'axe de la voie, et entre lesquelles se trouve une bobine plate rappelée par ressort dans sa position normale dans laquelle son plan est parallèle à l'axe de la voie. Normalement une batterie alimente cette bobine en série avec l'électro-aimant commandant un voyant blanc; au passage sous un transmetteur les lignes de force de l'aimant permanent se ferment à travers la bobine qui, soumise de ce fait à un couple, tourne autour de son axe et, dans ce mouvement, se trouve verrouillée par un bras placé à la partie inférieure et qui soulève, puis laisse retomber de son propre poids la partie articulée du noyau d'un électro-aimant. Le premier circuit est alors ouvert, le voyant blanc disparaît; simultanément à ce verrouillage de la bobine du récepteur, le courant de la batterie est lancé dans une sonnerie et la bobine d'un électro-aimant commandant un voyant coloré. Un bouton-poussoir permet ensuite de lancer le courant dans la bobine de l'électro-aimant dont le noyau mobile bloque la bobine du récepteur; l'appareil est à nouveau en ordre de marche. La fermeture

Digitized by Google

du circuit de signalisation peut également commander électriquement une soupape qui produise le freinage automatique du convoi. Un enregistreur peut être en liaison avec le bouton de remise en ordre de marche. La batterie peut être remplacée par un petit générateur servant aussi à l'éclairage de la locomotive.

2. L'appareil de la société pour la télégraphie sans fil. Il utilise les courants alternatifs à très haute fréquence et comporte des lampes triodes. Sur la locomotive se trouve un poste émetteur à lampe qui comporte deux circuits oscillants : l'un agit comme circuit-filtre et est accordé de façon à supprimer toute oscillation de l'émetteur, l'autre est influencé par un troisième circuit oscillant placé sur la voie à l'emplacement du signal avancé; l'état d'équilibre se trouve détruit et la variation du courant de plaque agit sur un relais qui commande le signal avertissant le mécanicien.

D'autres appareils, comportant des électro-aimants agissant par induction, sont également en train de se mettre au point. Des essais ont été tentés pour augmenter la visibilité et la netteté des signaux et ont donné de bons résultats.

C. F.

MAGNÉTISME

La stabilité magnétique des aimants permanents. — L'intensité d'aimantation d'un barreau d'acier récemment aimanté diminue graduellement et n'atteint une valeur pratiquement constante qu'au bout de plusieurs mois. Divers procédés, dits de vieillissement, ont été proposés pour faire acquérir en quelques heures cet état stable. Ils utilisent l'action de la chaleur, des vibrations, une désaimantation partielle, ou ces diverses actions réunies. M. Gray (1) a étudié systématiquement l'effet de ces divers traitements sur la stabilité magnétique d'un aimant.

Du point de vue mécanique, les tensions dont un métal comme l'acier est le siège disparaissent graduellement, une recristallisation se produit qui modifie les propriétés de la substance et peut altérer les qualités magnétiques. Les expériences ont été faites sur des aciers mécaniquement stables provenant d'aimants cylindriques ayant servi pendant une période de 10 à 40 années, dans un laboratoire d'enseignement.

Le seul procédé sûr de désaimantation consiste à soumettre l'aimant à un champ alternatif, débutant par une valeur finie, qui sera appelé le champ démagnétisant, et qui passe progressivement à zéro. Si l'on aimante à saturation une éprouvette et si on lui applique un faible champ démagnétisant, l'intensité d'aimantation diminue; chaque accroissement successif du champ démagnétisant occasionne une nouvelle diminution de l'intensité d'aimantation.

La plus grande diminution d'intensité d'aimantation pour un petit accroissement du champ démagnétisant se produit lorsque le champ démagnétisant est légèrement inférieur au champ coercitif de la substance à saturation, soit $\mathfrak{H}c$. Or, l'application d'un champ démagnétisant égal à $\mathfrak{H}c$ donne lieu à une réduction de l'induction résiduelle de plus de 50 pour 100, ce qui montre que la qualité la plus importante d'un aimant permanent est, outre sa grande rémanence, une coercitivité aussi grande que possible.

Or, l'expérience montre que, si un champ démagnétisant de 50 gauss, par exemple, a été appliqué à un aimant, aucun champ démagnétisant inférieur à cette valeur n'aura d'effet sur son intensité d'aimantation. C'est sur ce fait qu'est basée la méthode de stabilisation magnétique par désaimantation partielle. Le champ stabilisant, c'est-à-dire la valeur du champ démagnétisant, doit être au moins égal au champ le plus intense auquel pourra être soumis l'aimant dans les applications qui en sont faites. Si cette condition est remplie, l'aimant conservera, au cours d'emploi, l'intensité d'aimantation qui a subsisté après application du champ stabilisant : il sera donc bien stabilisé.

En ce qui concerne les variations de température, supposons qu'on porte l'échantillon à 100° C pendant une heure, puis à la température ordinaire pendant une heure et que l'on continue ainsi alternativement jusqu'à ce que l'aimantation atteigne un état stationnaire, ce qui se réalise d'ordinaire après trois ou quatre de ces cycles. Un échantillon ainsi traité se montre moins sensible aux faibles champs démagnétisants qu'un autre n'ayant pas subi le traitement thermique. Lorsque le champ démagnétisant atteint une certaine valeur limite, la loi de désaimantation devient identique pour les deux sortes d'échantillons. Inversement, lorsqu'un échantillon a été soumis à un champ démagnétisant supérieur à cette valeur limite, l'effet du traitement thermique est nul : la substance a été stabilisée vis-à-vis des variations de température.

Les vibrations mécaniques produisent des effets analogues. Après avoir aimanté un barreau, on le laisse tomber d'une hauteur de 30 cm, alternativement sur l'une des extrémités, puis sur l'autre, et cela pendant 50 fois. La désaimantation par champ démagnétisant est tout d'abord plus lente qu'avant le traitement mécanique; pour des champs démagnétisants supérieurs à une certaine limite (12 gauss) la vitesse de désaimantation devient la même. Lorsque le barreau a déjà été traité par un champ démagnétisant supérieur à cette limite, les vibrations sont sans effet.

En ce qui concerne l'influence du temps, l'auteur a constaté, sur des barreaux aimantés depuis plusieurs années, que la courbe de désaimantation en fonction du champ démagnétisant débute par un palier qui ne se raccorde avec la courbe naturelle que pour des champs magnétisants de l'ordre de 56 gauss. On stabilisera l'aimant en le soumettant à un champ démagnétisant d'intensité déterminée. Il est extrêmement probable que les échantillons essayés, aimantés à saturation, puis soumis à un champ démagnétisant de 55 gauss, ne manifesteraient plus de diminution appréciable de leur intensité d'aimantation avec le temps.

En résumé, il semble résulter de ces expériences, qu'on réalisera une stabilisation complète des barreaux étudiés, en les soumettant à un champ démagnétisant de 55 gauss. Il est probable que le chauffage et les vibrations produisent une stabilisation mécanique de la substance, affectant ainsi indirectement les constantes magnétiques; mais, leur effet est négligeable vis-à-vis de celui que produit la désaimantation partielle nécessaire pour réaliser l'immunité vis-à-vis des effets des champs démagnétisants qui pourront agir sur l'aimant dans des conditions de son emploi. A. B.

DIVERS

Un nouveau câble sous-marin France-Angleterre. — (*The Electrical Review*, 25 mars 1927.) — Les développements rapides de la téléphonie à longue distance nécessite l'accroissement du nombre des liaisons intercontinentales. A cet égard un nouveau câble sous-marin a été posé le 16 mars dernier, dans la Manche, entre la France et l'Angleterre. Ce câble est du type à isolement au papier, avec enveloppe de plomb; les caractéristiques de capacité électrostatique et de fuite sont très faibles, pour favoriser le rendement de la transmission.

Il mesure 23,5 miles marins, pèse 623 tonnes, son diamètre total extérieur est de 6,25 cm. Il est constitué d'une seule longueur, évitant ainsi un joint sous-marin. Il aboutit respectivement en France et en Angleterre, à Andresselles et Sandgate. Il est le troisième du même type. J. M.

(1) *The philosophical Magazine*, septembre 1926.

L'Editeur-Gérant : A. LAHURE.

94 696. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris. — 1927.

Digitized by Google

36e Année. — N° 840. 25 Juin 1927.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTEUR EN CHEF
ALFRED SOULIER
Le 2e vendredi de chaque mois de 15 h. à 16 h.

ABONNEMENTS
Paris et Départements : 30 francs par an.
Union postale : 40 francs par an.

ADMINISTRATION
9, rue de Fleurus, 9. — Paris (VIe)
TÉLÉPHONE :
Ségur 04-23 et Ségur 04-44.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction au Rédacteur en Chef, 9, rue de Fleurus.

Pour toute demande de numéros de L'Industrie Électrique *on est prié de joindre, à la demande, le montant de l'envoi, en timbres-poste ou en mandat postal.*

SOMMAIRE

Informations. — Remise de la médaille Mascart à Sir J. J. Thomson. — Electrification des chemins de fer du Nord de l'Espagne. — L'électrification du Grand Duché de Luxembourg. — Travaux hydro-électriques. — La liaison radiotélégraphique par ondes dirigées Angleterre-Australie. — La protection des machines électriques contre l'incendie — Aménagements hydro-électriques au Canada. — Aménagements hydro-électriques en Islande. . . . 265

Méthode d'essai stroboscopique des compteurs d'énergie électrique. J. M. 269

La transmission des messages radio-télégraphiques par le système anti-parasites Verdan-Carpentier. L. J. 275

Situation actuelle de la Grande-Bretagne au point de vue de l'électricité. A. Z. 279

Comptes rendus de l'Académie des Sciences. — Sur la possibilité de modifier à volonté le signe électrique des colloïdes, par M. **A. Boutaric** et Mlle **G. Perreau**. — Sur la répartition des courants de Foucault dans un disque métallique soumis à l'action du pôle inducteur de section circulaire, mais excentré par rapport au disque, par M. **Barbillion**. — Radioqualitomètre à lecture directe et continue, par M. **Iser Solomon**. — Remarque au sujet des émissions hertziennes dirigées, par M. **André Blondel**. — Sur la période propre des régulateurs directs, par M. **Louis Barbillion**. 282

Revue de la presse. — *Eclairage* : Lampe à mercure de petites dimensions et de grande brillance. — *Mesures électriques* : Mesure des fréquences utilisées en T. S. F. — *Questions théoriques* : L'instabilité des aciers au nickel. — Emission positive obtenue au moyen de champs électriques intenses. — *Arc électrique* : Sur la rotation d'un arc entre électrodes de charbon. — *Electrothermie* : Four à enroulement de molybdène pour la réalisation du corps noir au point de fusion du palladium. — *Divers* : Origines et production du tungstène. — Importations Chinoises de matériel électrique. . . . 285

INFORMATIONS

Remise de la médaille Mascart à Sir J. J. Thomson. — Le 3 juin dernier, au cours d'une séance solennelle qui a eu lieu dans l'amphithéâtre de Physique de la Sorbonne, la *Société française des Electriciens* décernait sa médaille Mascart à l'illustre physicien bien connu Sir J. J. Thomson.

Fondée en souvenir du physicien français Mascart qui contribua pour une grande part à mettre l'industrie électrique française sur une base scientifique, cette médaille a été attribuée une première fois à M. André Blondel, le savant bien connu aujourd'hui, un des maîtres de la science de l'ingénieur. Cette fois la médaille est décernée encore à un savant qui a travaillé la science sans aucune préoccupation utilitaire, mais dont les travaux ont eu la plus grande influence sur l'évolution des applications de la science électrique.

C'est surtout dans l'étude du passage de l'électricité à travers les gaz que J. J. Thomson a découvert des voies nouvelles.

Depuis longtemps le savant anglais dirige le « Cavendish Laboratory », à Cambridge, déjà illustré par Maxwell, le fondateur de la théorie électromagnétique de la lumière, et par lord Rayleigh. Il a dirigé et animé les travaux d'une pléiade d'élèves, tous devenus des maîtres : Rutherford, C. T. R. Wilson, Townsend, Richardson, H. A. Wilson, etc. Ces travaux ont mis en évidence la constitution granulaire de la charge électrique, l'individualité de « l'électron ». Il en résulte aussi une connaissance de plus en plus complète des propriétés de ce « grain d'électricité » ; la valeur numérique de sa charge électrique, de sa masse, de son diamètre, en sort parfaitement déterminée. Les conditions de sa production, ses affinités pour produire des « ions » complexes, sa recombinaison avec les ions positifs, sont enfin éclaircies. Il n'est pas excessif d'avancer qu'aucun laboratoire, à aucune époque de l'histoire de la physique, n'a présenté une pareille activité et n'a produit d'aussi importants résultats.

Au cours de la séance du 3 juin dernier à la Sorbonne que présidait M. Ch. Fabry, président de la Société française des Electriciens, Sir J. J. Thomson a fait une conférence sur la décharge sans électrodes et la phosphorescence du gaz qui se produit après cette décharge. L'illustre savant a exposé de curieux résultats, encore inédits, qu'il a obtenus en étudiant

Digitized by Google

ce phénomène où l'on voit un gaz, sans aucune excitation étrangère, sans électrodes visibles, rester lumineux pendant plusieurs minutes après que toute décharge électrique a cessé.

Si on illumine, par induction, un tube renfermant de l'oxygène à très basse pression, le gaz reste lumineux pendant plusieurs minutes après que la décharge a cessé. Si, à ce moment, on refroidit le tube à l'aide d'un tampon trempé dans l'air liquide, la matière lumineuse vient se déposer au point refroidi, et cette matière peut ultérieurement s'évaporer et rendre lumineux d'autres gaz.

Après une remarque de M. Claude rappelant que jadis il avait fait une observation analogue, la séance a été levée non sans que J. J. Thomson ait été vigoureusement acclamé.

Électrification des chemins de fer du Nord de l'Espagne. — En 1924, la Compagnie des chemins de fer du Nord de l'Espagne a fait électrifier les lignes de montagne de Popares; pendant une partie de cette année, le service continua de fonctionner simultanément à la vapeur et à l'électricité; mais, à la fin de l'année, la transformation était complète, et depuis le début de 1925, le trafic est complètement et exclusivement assuré à l'électricité.

L'installation comporte 62 km de ligne aérienne, une ligne de transmission à 80 000 v et 14 km de longueur, des sous-stations et douze locomotives électriques; les frais de premier établissement se sont élevés au total à 16 455 000 pesetas, se décomposant ainsi qu'il suit :

	Pesetas.
Ligne de contact	5.469.765
Ligne de transmission	256.151
Sous-stations	5.008.384
Locomotives	9.626.497
Dispositifs de protection accessoires	94.000
Total général	16 455.000

Au cours de l'année 1925, les locomotives ont fourni un service de 589 635 km, dont 488 526 pour les trains et le reste pour les manœuvres; le trafic a atteint 132 992 186 t : km dans les deux sens; la consommation d'énergie a été de 9 175 847 kw-h.

En 1923, dernière année d'exploitation complète à la vapeur, les locomotives à vapeur avaient fourni 1 135 184 km de parcours et le trafic avait atteint 135 747 478 t : km, ce qui permet de constater tout d'abord que pour un trafic à peu près pareil, les locomotives électriques n'ont dû fournir que 51,6 pour 100 environ du parcours des locomotives à vapeur, ceci grâce à leur plus grande puissance, qui permet d'assurer la traction de presque tous les convois avec une seule machine, tandis qu'il en fallait généralement 2 avec la vapeur.

La consommation d'énergie électrique est de 15,7 kw-h par locomotive-km, ou 69 w-h par 1 km de poids remorqué utile ou 55 w-h par t : km brut de poids de train: l'énergie est achetée à une Compagnie d'électricité au prix de 10 centimes par kw-h; la dépense d'énergie est ainsi de 5,5 pesetas par 1000 t : km de poids brut.

A noter que les locomotives sont munies d'un système de régulation à récupération et qu'une bonne partie de l'énergie absorbée sur les rampes est restituée par les trains à la descente; c'est ce qui explique la faible consommation d'énergie que l'on constate; l'inclinaison moyenne de la ligne est de 2 pour 100.

Pour l'exploitation à la vapeur, les consommations de combustibles constatées avaient été, au cours des quatre dernières années :

En 1921, de 19,1 kg par locomotive-km.
En 1922, de 42,3 — —
En 1923, de 41 — —
En 1924, de 37,9 — —

et divers calculs de contrôle effectués pour les mêmes années permettent de dire que la consommation quotidienne de charbon pour l'année 1925 aurait été, si le service avait été assuré à la vapeur, de 104 t par jour et 37 960 t pour toute l'année.

Dans ces conditions, la comparaison entre les deux méthodes d'exploitation se présente ainsi qu'il suit :

Traction a vapeur. — Le service comportait 30 locomotives, évaluées, aux prix de 1924, à 5 565 307 pesetas, somme sur laquelle on peut compter des frais d'intérêt et d'amortissement de 7 pour 100.

Le combustible provenant de l'Asturie; prix, y compris 5 pour 100 de supplément pour les opérations de déchargement et de chargement, en moyenne 53,80 pesetas à la tonne.

Les frais d'entretien et de réparation des locomotives s'élevaient, d'après les résultats constatés en 1922, à 0,784 pesetas par locomotive-km; le personnel nécessaire comprenait 35 équipes, plus 5 équipes de réserve.

Les dépenses annuelles peuvent être chiffrées ainsi :

	Pesetas.
Intérêt et amortissement sur les machines (7 pour 100)	389 571
Combustible	2.042.281
Entretien et réparations	865.404
Personnel	516.096
Total	5.813.355

Traction à vapeur.

			Pesetas.
Intérêt et amortissement (7 pour 100) sur les installations et les machines			1.151.850
Dépense d'énergie électrique			917.584
Lignes aériennes. Personnel	63.108		
— Entretien	15.876		78.984
Sous-station. Personnel	40.679		
— Entretien	10.000		50.679
Locomotives. Personnel	191.692		
— Entretien	229.252		421.024
Total			2.619.921

L'économie réalisée, comparativement à la vapeur, est donc de 1 193 434 pesetas par an.

En résumé :

1. Avec 12 locomotives électriques, pesant ensemble 948 t et représentant une puissance de 18 960 ch, on peut faire un service double de celui que fournissaient 30 locomotives à vapeur, représentant une puissance de 29 590 ch et pesant 2665 t;

2. L'économie d'énergie réalisée est de 55 pour 100;

3. Le nombre de locomotive-km est réduit de 47 pour 100, ce qui, tenant compte du poids respectif des deux genres de machines, représente une diminution de 83 pour 100 sur les t : km de poids d'équipement moteur;

4. Les dépenses d'entretien et de réparation des locomotives sont réduites de 75,5 pour 100;

5. Les dépenses de personnel pour les locomotives sont diminuées de 63 pour 100;

6. Les frais d'exploitation par tonne-km sont déduits de 31 pour 100, correspondant à une économie annuelle de 1 193 434 grâce à l'électrification. H. M.

L'électrification du Grand Duché de Luxembourg. — On sait que nos voisins du Nord ont fait de grands efforts, depuis la guerre, pour l'électrification de leur pays et qu'aujourd'hui les neuf provinces belges sont à peu près complètement pourvues de réseaux de distribution d'énergie électrique ou en voie de l'être.

Le Grand Duché de Luxembourg marche sur les traces de la Belgique et l'Administration s'y préoccupe beaucoup de réaliser le plus promptement et le plus avantageusement pos-

Digitized by Google

sible l'électrification générale du pays, que désirent vivement les milieux industriels et agricoles.

Des solutions qui ont été présentées jusqu'à ce jour, deux seulement restent maintenant en présence : l'une émanant d'une société belge, la Centrale électrique des Flandres, l'autre de la Compagnie industrielle et commerciale d'électricité, qui a également son siège en Belgique, mais qui représente plutôt la construction allemande.

L'offre de la Centrale électrique des Flandres prévoit une période de cinq ans pour l'électrification complète du pays tandis que la Compagnie industrielle et commerciale d'électricité ne demande que trois ans; à ce point de vue, la deuxième est donc la plus intéressante.

Mais une comparaison approfondie des tarifs proposés par les deux Sociétés semble montrer que la charge totale imposée aux consommateurs dépasserait de près de 5 millions, dans l'éventualité. Compagnie industrielle et commerciale d'électricité, ce qu'elle serait avec la combinaison Centrale électrique des Flandres [1]. H. M.

Travaux hydro-électriques. (*The Electrical Review*, 29 avril 1927.) — *Au Portugal.* — Une nouvelle Compagnie, la Confederação Hidrografica do Douro, filiale de la Espano-Portuguesa de Transportes Electricos, vient d'être constituée en vue d'exploiter l'énergie hydraulique de la rivière Douro, dans des buts d'industrialisation et d'irrigation de la région. On compte tirer du fleuve une puissance totale de 800 000 ch.

En Italie. — En raison de la différence qui existe entre les régimes d'alimentation hydrauliques des stations centrales hydro-électriques des Alpes et des Apennins, il serait avantageux d'interconnecter, par lignes de transmission à haute tension, les différents réseaux de ces deux régions, en sorte qu'aux époques de basses eaux et de fortes demandes d'énergie des uns, on puisse avoir recours aux autres. Une ligne à 130 000 v a été récemment posée par la Societa Interregionale Cisalpina raccordant les stations centrales de la Società Edison de la région Sud Alpine, avec celles de la Società Emiliana d'Esercizi ed Idroelettrica, de la région Nord Apennine. Cette ligne mesure environ 150 km de long et s'étend depuis une station de transformation située à Brughiero, près de Milan, jusqu'à Reggio Emilia. La Società Edison compte deux stations centrales, l'une à Paderno, d'un débit annuel de 500 millions kw-h; et l'autre à Oresca fournissant 200 millions kw-h par an. La Società Emiliana possède déjà des installations en exploitation et d'autres en cours de construction représentant une capacité d'utilisation totale de 125 000 kw. Le poste de transformation de Brughiero doit être ultérieurement raccordé à de nouvelles installations, d'une capacité totale d'utilisation projetée de 275 000 kw, et auxquelles travaille actuellement la Società Cisalpina, à Chiavenna sur la rivière Livo, et à Sondrio, sur le Mera. J. M.

La liaison radiotélégraphique par ondes dirigées Angleterre-Australie. (*The Electrical Review*, 22 avril 1927.) — Les essais de liaisons radiotélégraphique par ondes dirigées, entre l'Angleterre et l'Australie viennent de se terminer avec un plein succès; ils ont montré la possibilité d'une communication journalière d'une durée moyenne de 7 heures, à la vitesse de 500 lettres par minute, non compris le temps nécessaire aux répétitions indispensables pour donner toute la sécurité voulue.

Au cours des 6 premiers jours de l'essai, 148 000 mots furent transmis dans chaque sens, soit une moyenne de 103 mots de 5 signes par minute, pendant 24 heures. Cette moyenne fut élevée pratiquement à 150 000 mots, et le trafic souvent amené à 225 mots par minute; le trafic en duplex, à grande vitesse, fut maintenue pendant les 7 jours pendant une durée moyenne quotidienne de 15 heures.

En Australie, les récepteurs sont à Rockbank, près de Sydenham, à 20 km de Melbourne, les récepteurs sont près de Ballan, à 80 km au nord-ouest de Melbourne.

En Angleterre, la station d'émission est à Tetney à 9 km au S.-S.-E. de Grimsby, à 8 m environ au-dessus du niveau de la mer. L'antenne dirigée sur l'Australie s'étend dans la direction N.-N.-O et celle sur l'Inde vers le sud.

L'émetteur fournit 20 kw aux derniers étages amplificateurs qui alimentent les antennes.

L'alimentation du poste est assurée par un câble enterré amenant le courant du réseau de distribution de Grimsby, triphasé, 50 per : sec, 6300 v, qui est transformé en triphasé, 230-400 v, pour l'éclairage et le chauffage des bâtiments et pour l'alimentation de la chambre des machines qui comporte :

a) 3 alternateurs monophasés de chacun 50 kv-a sous 1000 v 500 per : sec fournissant sous 8000 à 10 000 v, l'énergie des circuits d'anodes, des lampes d'émission par l'intermédiaire de transformateurs élévateurs monophasés, spéciaux, et de valves de redressements combinées avec des filtres appropriés;

b) 3 alternateurs monophasés, 220 v, 500 per : sec de chacun, 1,5 kv-a alimentant les circuits d'anodes des lampes de l'oscillateur principal, également par l'intermédiaire de transformateurs, valves de redressement et filtres;

c) 3 alternateurs monophasés 500 v. 500 per : sec de chacun 10 kv-a, assurant le chauffage des filaments des valves de redressement sous 11 à 12 v, à travers des transformateurs abaisseurs;

d) 3 génératrices à courant continu de chacune 7,5 kw, sous 24 v (une par émetteur), fournissant l'alimentation des filaments des lampes oscillatrices et d'absorption, ainsi que le courant de charge des batteries d'accumulateurs donnant le chauffage des lampes de l'oscillateur principal;

e) 2 génératrices à courant continu de chacune 12 kw, sous 110 v, fonctionnant comme excitatrices des alternateurs et alimentant les circuits de contrôle et de relais de manipulation.

Les batteries d'accumulateurs sont affectées comme suit : 4 batteries de chacune 8 éléments (16 v) 420 a-h. pour l'alimentation des filaments des lampes oscillatrices et des amplificatrices du 3e étage; 2 batteries de chacune de 220 éléments de 5 a-h. fournissant la tension négative de grille de l'amplificateur; 2 batteries portatives l'une de 6 v, l'autre de 200 v alimentant l'hétérodyne locale des récepteurs.

Les tensions d'anodes sont fournies par des redresseurs comportant respectivement 16 et 2 valves de redressement. Des tables de contrôle ont été aménagées entre les deux émetteurs qui se font face.

Les deux manipulateurs relais à grande vitesse sont munis de commutateurs inverseurs trétrapolaires permettant la mise en circuit à volonté de l'un ou de l'autre. L'eau nécessaire au fonctionnement des appareils de la station est tirée d'un puits.

Trois machines soufflantes assurent la ventilation des amplificateurs de puissance; deux refroidissent les résistances d'absorption connectées en shunt sur la charge pendant les temps de repos du manipulateur. Ce procédé de manipulation est extrêmement pratique en ce qu'il n'exige qu'un relais de petite puissance.

L'une des tables de contrôle comporte trois régulateurs potentiométriques, contrôlant chacun les tensions d'anodes des différents étages amplificateurs et trois autres régulateurs du même type agissant sur les alternateurs d'alimentation des oscillateurs.

[1] Voir à ce sujet l'*Echo de l'Industrie* de Luxembourg, du 25 décembre 1926,

Digitized by Google

Deux autres tables sont spécialement affectées au contrôle des filaments des lampes (une table pour chaque émetteur), au moyen de résistances variables qui sont mises totalement hors circuit pendant le fonctionnement normal des émetteurs dont les panneaux comportent des rhéostats de lampes individuels et un rhéostat général sur les barres d'alimentation.

D'autres tables ont reçu des appareils de contrôle reliés aux lignes terrestres, une hétérodyne permettant d'écouter, en local, les signaux émis, et un contrôleur d'onde.

L'émetteur pour les Indes est prévu pour travailler sur l'une ou l'autre des deux longueurs d'onde de 13 et 32 m —, l'une étant utilisée de jour, et l'autre de nuit. Son indicatif de service est GBI. L'émetteur pour l'Australie travaille sur la seule longueur d'onde de 26 m — avec l'indicatif GBII.

L'antenne de service avec les Indes est portée par 5 pylônes en alignement droit, dans une direction perpendiculaire au méridien passant par les Indes. Elle est constituée par des fils verticaux émetteurs et d'autres fils réflecteurs qui concentrent le faisceau de l'émission. L'antenne de service avec l'Australie est portée par 3 pylônes, en alignement droit, dans une direction perpendiculaire au méridien passant par l'Australie; elle est constituée par deux rangées de fils verticaux, renfermant entre eux les fils réflecteurs; cet arrangement permet d'émettre en faisceau dirigé soit vers l'est, soit vers l'ouest.

Les pylônes métalliques pèsent 38 tonnes; ils sont à section droite de 4×4 mètres et mesurent environ 90 m de hauteur, ils sont espacés de 216 m, ce qui met le développement de l'antenne indienne à 1050 m et celui de l'antenne australienne à 615 m. La première comporte pour 35 m de longueur d'onde : 16 brins verticaux émetteurs, et 32 brins verticaux réflecteurs. Pour 16 m de longueur d'onde : 24 brins verticaux émetteurs, et 54 brins verticaux réflecteurs.

Pour la liaison avec l'Australie, on dispose de 2 antennes dos à dos, de chacune 16 brins verticaux, avec réflecteurs communs intermédiaires de 32 brins. Ces derniers sont en longueurs isolées, leur distance aux fils émetteurs est en relation étroite avec la longueur d'onde. Tous ces câbles sont maintenus par une suspension caténaire double.

L'alimentation en haute fréquence de ces antennes d'émission est assurée par un réseau de feeders constitué par deux tubes de cuivre concentriques, isolés l'un de l'autre par des épaisseurs de porcelaine. Le tube extérieur est relié à la terre. Leur centrage doit être assuré avec une symétrie mécanique et électrique aussi parfaite que possible.

La station de réception de Winthorpe (5 km environ au N. O. O. de Skegness) est un terrain très découvert, dans toutes les directions.

L'énergie électrique est fournie par 2 groupes électrogènes de 18 ch couplés directement à 2 dynamos de chacun 10 kw qui alimentent, sous 110 v, le tableau de charge des batteries d'accumulateurs d'éclairage du poste; cette batterie actionne également 4 groupes moteurs générateurs, dont 2 rechargent les batteries de chauffage des filaments de lampes et celles d'alimentation des circuits d'anodes sous 110 v. Une table reçu les appareils actionnés par le fil direct avec le Bureau central radiotélégraphique, un récepteur « Jounder », 2 enregistreurs à grande vitesse, et un appareil Wheatstone pour les essais de lignes terrestres. Les signaux reçus sont appliqués directement aux relais rapides.

Les mâts, collecteurs d'ondes et réflecteurs de ce poste de réception sont analogues à ceux des émetteurs. Les mâts sont disposés à angle droit de la direction d'où l'on reçoit; le réflecteur n'a pas seulement pour but de protéger l'antenne contre les parasites venant de l'arrière, mais aussi de lui renvoyer exactement en phase avec elle, l'énergie dont il est directement le siège.

Les récepteurs comportent chacun 10 étages, abrités individuellement sous écrans de cuivre et ils peuvent être ajouté à volonté, en nombre voulu, suivant les besoins du moment.

J. M.

La protection des machines électriques contre l'incendie. (*Le Génie civil*, du 27 mars 1927.) — Pour résoudre les problèmes que soulève la protection contre la propagation du feu dans les grosses machines électriques, la Société Siemens a appliqué différentes solutions exposées par M. F. Liebscher dans la *Siemens Zeitschrift* de septembre, et, d'après cette publication, par l'*Electrical World* du 6 novembre. Presque toujours il est à craindre que les arcs amorcés par courts-circuits déterminent un incendie dont les effets sont beaucoup plus dangereux que ceux de l'arc lui-même. On a suggéré différents moyens pour éteindre rapidement de tels incendies, soit par injection d'eau, soit par jet de vapeur, soit par intervention d'un gaz.

L'auteur considère comme dangereux pour les enroulements l'emploi de la vapeur et de l'eau, qui sont susceptibles de les détériorer gravement. Il est préférable d'employer un gaz inerte. Déjà les machines modernes sont pourvues d'un système de circulation d'air de refroissement, dans lequel, le plus souvent, le même volume d'air répète toujours le même trajet : il paraît tout indiqué de faire appel à un gaz inerte remplaçant l'air. A la suite d'une série d'essais, l'auteur trouva que si la teneur en oxygène de l'air est réduite à 15 pour 100 (au lieu de 21 pour 100 normalement), la combustion ne peut pas se maintenir; par conséquent, il n'est pas nécessaire d'éliminer totalement l'oxygène de l'air, mais d'en remplacer un tiers par de l'anhydride carbonique dans l'air de ventilation.

En injectant rapidement de l'anhydride carbonique dans le circuit de ventilation, en cas de coup de feu, on a constaté que les machines ne subissaient aucune détérioration et que le commencement d'incendie s'éteignait.

Aménagements hydro-électriques au Canada. (*The Electrician Rewiev*, 13 mai 1927.) — Les vastes projets hydro-électriques des régions de Albert et Westmoréland dans le Sud-Est du Nouveau Brunswick sont entre les mains des Commissions gouvernementales compétentes, à fins d'examen.

Une loi, ayant déjà été acceptée en première lecture, donnerait à la Compagnie de production d'énergie électrique Petitcodiac Tidal, le droit d'exploiter les confluents des fleuves Memramcook et Petitcodiac dont il peut être tiré au minimum 100 000 ch et au maximum 200 000 ch, pour une dépense totale de l'ordre de 23 000 000 dollars.

J. M.

Aménagements hydro-électriques en Islande (*The Electrical Review*, 13 mai 1927.) — D'après une information de Copenhague, la chambre basse de l'Icelandic Alting aurait accordé, par 12 voix contre 9, à la Société Norvégienne A. S. Titan, la concession pour l'exploitation des forces hydrauliques du fleuve Tjorsaa, dans l'Islande du Sud, jusqu'à concurrence de 160 000 ch. Cette société devra construire une ligne de chemin de fer reliant Reykjavik à l'Islande méridionale, avec la participation du Gouvernement.

Le projet de loi est actuellement dans les mains de la chambre haute.

J. M.

Digitized by Google

MÉTHODE D'ESSAI STROBOSCOPIQUE DES COMPTEURS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

L'exposé ci-dessous développe une méthode d'essai optique des watt-heuremètres qui réduit, dans une grande mesure, le coefficient d'erreur personnelle, et abaisse le temps nécessaire aux mesures faites par impulsions lumineuses. Elle permet une comparaison instantanée entre les indications de deux appareils de mesure.

Les avantages de cette méthode sont :

1° La réduction du temps d'essai, en laboratoire, à la réception, et à l'étalonnage des compteurs.

2° La réduction de l'erreur personnelle, et l'augmentation de la précision des mesures.

3° De fournir un dispositif donnant l'exactitude des instruments de précision.

4° D'éviter, pour les mesures de précision, l'emploi des appareils à temps.

Introduction. — L'étalonnage et la vérification des compteurs d'énergie électrique, doivent s'effectuer avec la plus grande précision possible et dans le minimum de temps. L'article ci-dessous est consacré à la description d'un dispositif qui réduit le temps d'essai de chaque appareil et augmente la précision des mesures, en éliminant le facteur d'erreur personnelle et en fournissant d'importantes indications pour la moindre variation de vitesse de l'équipage mobile.

Il se compose, en réalité, d'un compteur avec échelle lumineuse à vernier, donnant les watts-seconde, et la vitesse instantanée de l'appareil.

La mesure de l'énergie s'effectue avec une très grande précision ; la quantité de watts relevés se transforme ensuite en un certain nombre d'impulsions lumineuses par seconde. Le disque de mesure est divisé en watts-seconde par des repères occupant sa surface périphérique.

En ordre de marche, le compteur étant en charge, les émissions lumineuses sont synchronisées avec les divisions du disque, qui doivent alors apparaître immobiles. L'erreur du compteur est lue sur un indicateur d'équilibre. Cette opération donne donc directement le degré de précision du compteur.

Pour son étalonnage la fréquence des émissions lumineuses est maintenue proportionnelle à sa charge. Si donc la vitesse de son équipage mobile est incorrecte, les divisions du disque apparaissent en mouvement. Pour les vitesses trop élevées, elles semblent avancer ; pour les vitesses trop lentes, au contraire, elles semblent rétrograder. L'étalonnage est exact, lorsque ces divisions restent stationnaires.

Ces impressions d'immobilité et de mobilité des divisions du disque proviennent de l'effet stroboscopique du dispositif.

Principe du dispositif. — La figure 1 montre un appareil portatif, à réglage manuel, servant au contrôle de la fréquence des impulsions lumineuses. Cet appareil comporte deux équipements essentiels. Le premier est la machine d'émissions lumineuses qui consiste en un moteur d'entraînement, sur l'arbre duquel se trouve monté un commutateur qui ouvre et ferme alternativement le circuit de débit d'une magnéto. La vitesse du moteur est réglée par un rhéostat variable. Le second équipement est un indicateur d'équilibre, semblable à un wattmètre polyphasé, sauf en ce que l'un de ses éléments est remplacé par un équipage normal de voltmètre

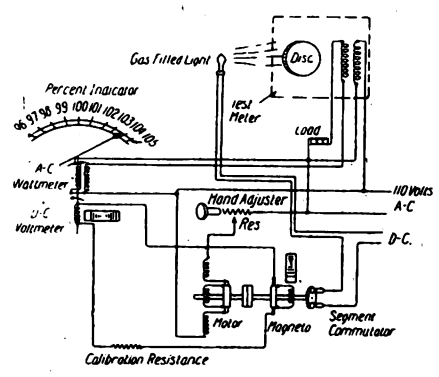


Fig. 1.

Schéma des connexions d'un vérificateur stroboscopique portatif.

à courant continu, type d'Arsonval. En cours de fonctionnement, les deux éléments se trouvent mécaniquement opposés. L'élément à courant alternatif est relié à la charge sur laquelle se trouve le compteur en essai. L'élément à courant continu est relié en série avec la magnéto, en sorte que son couple de déviation est proportionnel à la vitesse du moteur, c'est-à-dire à la fréquence des impulsions lumineuses.

La connexion du wattmètre, sur sa charge d'essai doit s'effectuer suivant la figure 1. La vitesse du moteur est ensuite réglée jusqu'à ce que les divisions du disque, vues sous les impulsions lumineuses de l'appareil, apparaissent immobiles. L'erreur due à la mesure de la vitesse est ensuite lue sur l'indicateur d'équilibre.

Le fonctionnement de l'ensemble est le suivant : Pour une charge donnée, le disque du compteur prend une vitesse déterminée. Cette charge soumet l'élément à courant alternatif de l'indicateur d'équilibre, à un certain couple. La vitesse du moteur est amenée en synchronisme avec celle des divisions du disque. La magnéto applique alors une certaine tension sur l'élément à courant continu de l'indicateur d'équilibre.

Si les deux éléments sont parfaitement équilibrés, c'est que la vitesse du compteur, pour la charge sur laquelle il débite, est exacte. S'il tourne trop vite, la fréquence des impulsions lumineuses doit être augmentée jusqu'à synchronisation avec les divisions du disque. Cet accroissement de fréquence entraîne une élévation de la vitesse de la magnéto, par conséquent, une augmentation de sa tension, et finalement, une variation dans le même sens

Digitized by Google

du couple supportée par l'équipage à courant continu. L'indicateur d'équilibre donne alors une indication plus élevée, déplacée vers le haut de son échelle. En somme, la méthode consiste à ramener sur le wattmètre les indications du compteur perçues par un procédé optique.

Inversement, si le compteur tourne trop lentement, cette indication sera au-dessous de la normale.

Ces opérations simples permettent d'évaluer la précision du compteur.

L'étalonnage s'effectue comme suit : La vitesse du moteur est réglée de telle façon que l'indicateur d'équilibre indique une exactitude de vitesse de 100 pour 100. Si le compteur tourne à une vitesse inexacte, les divisions de son disque apparaîtront donc en mouvement, avec une vitesse positive pour un disque tournant trop vite, et une vitesse négative pour un disque tournant trop lentement. Les réglages du compteur seront donc modifiés jusqu'à ce que le disque semble immobile.

Détails d'un appareil de laboratoire. — Dans les appareils portatifs, le maintien de l'indicateur d'équilibre à 100 pour 100 est effectué manuellement ; dans les appareils de laboratoire, l'opération est assurée automatiquement, sous l'action d'un régulateur.

Ce régulateur devient nécessaire pour les mesures de très grande précision ; il évite, en effet, la nécessité d'une intervention manuelle.

La figure 2 le représente, avec le schéma général des connexions d'un appareil de laboratoire (1).

Ce régulateur comporte 3 éléments principaux : Le premier est un wattmètre du type Kelvin, supportant la même charge que le compteur en essai. Le second est un voltmètre à courant continu du type d'Arsonval. Ce voltmètre est soumis à la tension de la magnéto et son couple est proportionnel à la vitesse du moteur stroboscopique. Ces 2 éléments sont mécaniquement en opposition ; par le jeu de contacts, et d'un moteur d'inversion (qui constitue le troisième élément du régulateur) ils agissent sur la résistance placée en série avec le moteur stroboscopique. Par ces dispositifs, la vitesse de ce moteur et la fréquence des impulsions lumineuses sont maintenues proportionnelles à la charge du compteur.

On trouvera ci-après, la description des 4 parties principales de l'appareil, à savoir : 1° Le compteur à essayer. 2° Le régulateur d'équilibre. 3° Le système d'émissions lumineuses périodiques. 4° L'indicateur d'équilibre.

Le compteur en essai. — Le disque du compteur en essai doit comporter un certain nombre (généralement 300) de divisions équidistantes, sur sa périphérie.

Ces divisions peuvent être tracées à un très faible prix. Il sera donc possible, pratiquement, de prévoir les nouveaux compteurs avec disques de ce genre, et de remplacer par ceux-ci les disques ordinaires des appareils déjà en service. Dans ce dernier cas, la modification elle-même reviendra plus cher que le prix du traçage des divisions. Ces disques peuvent être normalisés. Mais les graduations doivent être parfaitement exécutées sous peine de donner lieu à de fausses mesures.

Le système d'émissions lumineuses périodiques. — Ce dispositif comporte : un petit moteur série à grande vitesse (pour courant alternatif), un collecteur avec balais, et un indicateur de vitesse de la magnéto, l'ensemble étant monté sur une lourde embase commune. Les arbres sont accouplés au moyen de clavetages spéciaux.

Le moteur, du type à grande vitesse et à couple élevé, subit très rapidement les ordres du régulateur. Cette caractéristique donne lieu à une sorte de pompage, si le régulateur n'est pas convenablement amorti. La magnéto employée est du type à caractéristique vitesse-tension rectiligne ; elle est accouplée directement au moteur par l'intermédiaire d'un joint spécial ; elle doit être montée sur roulements à billes ; son collecteur demande à être très soigneusement exécuté.

Le commutateur d'émissions lumineuses périodiques est monté sur la partie rigide des accouplements ; il consiste essentiellement en 8 secteurs équidistants, alternativement métalliques (conducteurs) et isolants. Les 4 secteurs métalliques sont constitués par des barres maintenues au moyen de bagues de serrage, qui les mettent en court-circuit. Le porte-balais est à section droite circulaire, avec un balais fixe, et un balai réglable à volonté pour choisir convenablement le point de rupture ou de fermeture du circuit donnant la meilleure visibilité des divisions du disque. A faible vitesse, ce réglage est proportionnel au rapport de l'intervalle entre divisions, à leur largeur propre.

Aux vitesses plus élevées ce réglage n'est plus nécessaire. Il peut être fait une fois pour toute, par exemple, pour un point à faible vitesse, correspondant à 5 pour 100 de la pleine charge, ces conditions étant les meilleures pour l'observation de l'effet stroboscopique,

Une lampe spéciale est montée en série avec le commutateur et une batterie ou un redresseur ; elle s'allume et s'éteint 4 fois pour chaque révolution complète du commutateur. La lampe bat donc à une fréquence maximum de $300 \times 25 = 7500$ per : min. Des lampes normales ne peuvent fonctionner convenablement à ce régime ; des lampes spéciales du genre de celles utilisées pour la signalisation aérienne mais d'un modèle beaucoup plus réduit sont nécessaires. Dans un milieu gazeux refroidissant, tel que l'hydrogène, les filaments de ces lampes peuvent fournir 15 000 émissions par minute et conviennent parfaitement bien aux études stroboscopiques.

L'air pouvant, malgré toutes précautions, pénétrer à l'intérieur de l'ampoule, il est nécessaire d'abriter celle-ci complètement, pour parer à une explosion éventuelle. L'enveloppe de protection comportera une issue de détente. Les explosions se produisant dans ces conditions

(1) *Journal of the A. I. E. E.*, avril 1927. M. H. P. Sparkes.

Digitized by Google

sont extrêmement puissantes et dangereuses à moins de protections suffisantes. L'intensité consommée par la lampe est très supérieure à la normale, les gaz absorbant très rapidement une importante proportion de la chaleur dégagée.

Pour des essais en groupes on peut utiliser de grandes quantités de lumière. D'une façon générale, l'éclairage en plafond ne conviendra pas pour ce travail.

Dans les laboratoires particulièrement bien favorisés par la lumière du jour, on aura parfois avantage à utiliser de petites lampes portatives à faisceau lumineux dirigé.

Des verres noirs devant les yeux éviteront une trop grande fatigue visuelle à l'opérateur.

Indicateur d'équilibre. — L'indicateur d'équilibre agit sur le régulateur, pendant l'étalonnage, comme un vérificateur, et pendant la vérification, comme un signalisateur d'erreur. Il ressemble à un wattmètre polyphasé, dont l'un des éléments serait du type voltmétrique, pour courant continu, système d'Arsonval, et s'opposerait mécaniquement à l'élément wattmétrique. Les 2 éléments possèdent une graduation uniforme sur laquelle se déplace une aiguille indiquant les différences, qui peuvent être étalonnées en watts, ou en pour 100 pour une charge donnée. L'auteur étudie actuellement un dispositif qui permettra une lecture en pour 100 pour toutes charges. Les connexions des éléments de l'indicateur d'équilibre sont représentées figures 1 et 2.

Le régulateur automatique. — Il n'a été prévu aucun moyen pour maintenir rigoureusement constante, pendant la durée de l'essai, la charge sur laquelle débite le compteur. Au cours de l'étalonnage, la vitesse du moteur stroboscopique doit donc varier, en même temps que cette charge; l'automaticité seule assurera la précision nécessaire à cette variation. L'appareillage complet devra donc comporter un régulateur automatique prévu pour faire varier la vitesse proportionnellement à la charge.

Ainsi qu'il a déjà été dit, l'élément à courant alternatif du régulateur doit travailler sous la même charge que le compteur tandis que l'élément à courant continu est sur la magnéto. Ces deux éléments sont montés mécaniquement en opposition; ils commandent la résistance montée en série avec le moteur à collecteur, par l'intermédiaire de contacts et d'un moteur auxiliaire de renversement. Les contacts sont du type de ceux des enregistreurs.

L'élément wattmétrique est du type Kelvin; ses indications en watts peuvent donc être lues sur une échelle à graduation linéaire. L'élément d'Arsonval qui lui est opposé devra donc comporter une échelle semblable. On pourra parfaitement utiliser, à cet effet, un élément voltmétrique à cadre mobile.

Ces deux éléments en opposition mécanique pourront donc fournir un point d'équilibre sur toute l'étendue de la graduation, c'est-à-dire que la vitesse deviendra proportionnelle à la charge. L'équilibre obtenu fermera les contacts qui permettront au moteur de contrôle d'ajuster la résistance série de telle sorte qu'une vitesse d'équilibre soit trouvée pour l'élément voltmétrique.

Ce dispositif constitue le centre de fonctionnement de l'appareil qui comporte, en outre, des prises pour différentes tensions, des réglages de valeurs d'intensité de courant, et un commutateur inverseur sur l'élément voltmétrique, pour l'adapter aux compteurs d'origines différentes.

Pour ces wattmètres de précision, l'origine de fixation du ressort de torsion ne doit pas être touchée, la vérification s'effectuant à l'aide d'un potentiomètre, l'étalonnage

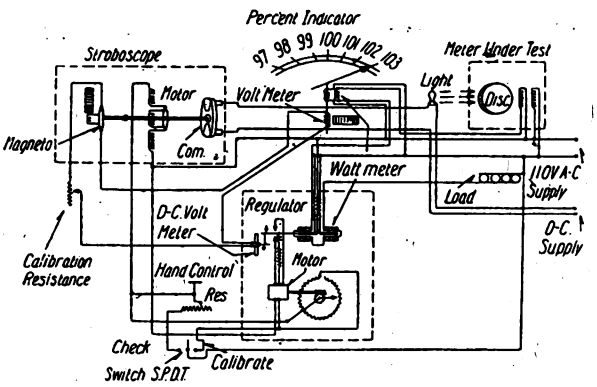


Fig. 2.

Schéma pour l'étalonnage stroboscopique d'un compteur.

partant de ce point fixe origine. Le ressort de torsion reste pratiquement sans effet, l'équilibre s'obtenant pour un couple nul, sans aucune sollicitation mécanique sensible. D'un autre côté, l'origine du ressort de torsion peut être réglée pour équilibrer partiellement le couple du compteur et éviter, par cela même, les prises et inverseurs accessoires.

L'élément voltmétrique doit être d'une fabrication excessivement soignée. Sa jonction mécanique avec le compteur demande à être très étudiée. L'équilibrage de l'ensemble doit être convenablement amorti.

Mode opératoire. — Le schéma général de la figure 2 donne une idée des connexions électriques à réaliser pour l'appareil du type laboratoire. Le compteur, l'équilibreur Kelvin et l'élément wattmétrique de l'indicateur de pour 100, doivent être alimentés par une source à courant alternatif. L'éclairage de la lampe est fourni par une petite source à courant continu qui peut être constituée par une batterie d'accumulateurs, ou une alimentation en courant alternatif redressé et filtré. Un certain nombre d'interrupteurs permettent d'introduire des charges variables, pour couvrir toute l'étendue de l'échelle de l'essai. L'interrupteur principal commande le circuit de pleine charge, et d'éclairage sous un facteur de puissance de 0,5.

Pour effectuer une vérification, placer l'interrupteur du régulateur sur la position « vérification » qui met hors circuit le régulateur, et en circuit le contrôleur

Digitized by Google

manuel. Régler ensuite l'appareil jusqu'à arrêter le mouvement de rotation des divisions du disque. Lire enfin l'indicateur d'erreur en pour 100.

Pour l'étalonnage, alimenter la charge qui agit sur l'élément wattmétrique, la balance de Kelvin et l'indicateur en pour 100. L'équilibreur entre en fonction, le compteur démarre, et l'indicateur d'erreur fournit une lecture. La balance de Kelvin ferme alors ses contacts qui agissent sur le moteur du rhéostat ; la résistance en série avec le moteur à collecteur diminue jusqu'à ce que la vitesse de celui-ci permette à la magnéto d'appliquer à l'élément voltmétrique un couple qui agisse sur la balance de Kelvin et soit égal à celui développé par la charge dans le circuit du compteur. Les contacts s'ouvrent alors et règlent la vitesse du moteur à collecteur en augmentant ou diminuant la résistance en série.

La vitesse du commutateur est celle du moteur ; en sorte que la fréquence des émissions lumineuses reste proportionnelle à leur vitesse commune. Cette fréquence

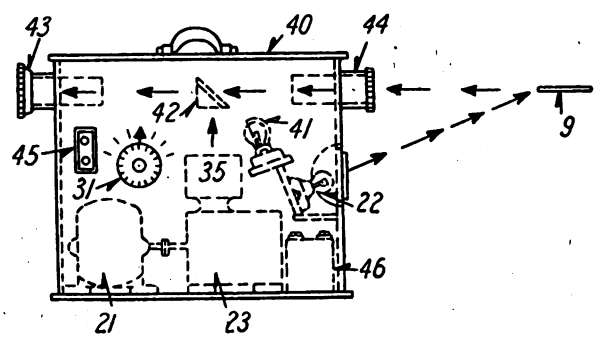


Fig. 3.
Vue d'ensemble d'un vérificateur stroboscopique de compteur.

dépend du nombre de segments du commutateur. Dès qu'elle atteint celle du mouvement des divisions du disque, en d'autres termes, dès que la rotation du disque est synchronisée avec l'émission lumineuse, les divisions de sa périphérie semblent arrêtées, et donnent lieu à l'effet stroboscopique bien connu. Si la synchronisation n'est pas rigoureusement exacte, elles semblent poursuivre leur rotation, dans le sens normal, pour les vitesses du compteur supérieures à celle de synchronisation et dans le sens inverse pour les vitesses inférieures. Dans certains des compteurs habituels une simple action sur les vis de réglages, dans le sens de rotation apparente des divisions corrigera l'erreur.

Pendant les observations précédentes, l'indicateur d'équilibre a fourni l'erreur d'étalonnage, car il fonctionne de la même façon que le régulateur. Les deux éléments actionnent la balance et, dès que la vitesse est réellement proportionnelle aux watts consommés, il indique 0 ou 100 pour 100. Utilisé pour l'étalonnage, l'indicateur d'équilibre contrôle simplement le régulateur ; mais, pour la vérification avec contrôle manuel, ses indications fournissent les watts absorbés, par excès ou par défaut, c'est-à-dire une vitesse de rotation du disque du compteur respectivement trop lente ou trop rapide.

A ce moment de l'expérimentation il est important de se souvenir que les divisions du disque peuvent apparaître immobiles pour des vitesses harmoniques de la vitesse vraie ; mais dans ce cas, l'image est pauvre, alors qu'au contraire, elle est très nette et lumineuse pour la vitesse fondamentale. Il convient, également, de noter l'action de l'indicateur d'erreur, et l'étendue de l'étalonnage du compteur pour éviter les conséquences d'une manœuvre défectueuse.

Les opérations précédentes ayant été effectuées, noter la déviation de l'indicateur d'erreurs, pour constater si le régulateur fonctionne convenablement. Observer le mouvement apparent des divisions et régler le compteur jusqu'à leur arrêt. Faire alors les essais sous charge et facteur de puissance autres, en agissant sur les interrupteurs convenables.

Le compteur à vérifier peut être connecté au dispositif après que celui-ci a été mis sous tension, à la condition d'utiliser des connexions à jonction rapide ; le régulateur protège d'ailleurs l'ensemble, tant que le compteur n'est pas raccordé, en arrêtant le moteur du commutateur, exactement comme cela se passerait à vide. Il ne se produit donc aucune perte de temps, au passage d'un compteur à un autre.

Degré de précision des essais. — Le coefficient d'erreur personnelle n'intervenant plus avec cet appareil de laboratoire évitant toute manœuvre de commutation, le degré de précision des mesures peut être très poussé. On peut aussi, pour l'étalonnage, utiliser un wattmètre de précision. L'observation du mouvement de déplacement des divisions du disque s'effectue à travers un groupe de lentilles cylindriques qui, dans le cas des vitesses faibles, accélère apparemment la rotation. Après de nombreux essais avec des lentilles différentes, celles-ci ont finalement donné les meilleurs résultats ; une lunette à réticule permet des observations extrêmement minutieuses. L'expérience a montré que l'œil nu perçoit le mouvement d'un trait du disque passant d'une division à la suivante en 30 secondes.

L'erreur possible dans les mesures est donc de l'ordre du déplacement de 1/30 de division en 1 seconde.

Les essais à pleine charge se font sous un débit de 500 w avec une constante de disque égale à 1/3.

Pour 500 w, le disque effectue donc :

$$n = \frac{500}{3600} \times 3 = 0{,}4167 \text{ t : sec.}$$

Comme le disque comporte 300 divisions équidistantes, ces divisions passent à raison de $0{,}4167 \times 300 = 125$ par seconde. Mais l'erreur décelable est de 1/30 de division par seconde. Exprimée en pour 100, elle est représentée par $\frac{1}{30} \times \frac{1}{125 \times 100} = 0{,}026$ pour 100, qui, transformés en watt-heures à pleine charge, donne :

$$500 \times 0{,}026 \times \frac{1}{100} = 0{,}13 \text{ w-h.}$$

Digitized by Google

On conserve le même pourcentage de visibilité tout le long de l'échelle de lecture, car la fréquence des impulsions lumineuses et la vitesse de rotation du disque sont réduites dans le même rapport, en sorte qu'une progression apparente est le résultat d'une différence en pour 100 et non d'une variation de vitesse du disque.

Ainsi qu'il a déjà été signalé plus haut, l'effet stroboscopique est insuffisant pour des vitesses de disque inférieures à 5 pour 100 de la vitesse de pleine charge, c'est-à-dire pour moins de 375 émissions lumineuses par minute.

Un jeu de lentilles cylindriques peut décupler ces chiffres, par un choix convenable de leurs diamètres, ce qui abaisse l'erreur décelable à 0,0026 pour 100.

Le fonctionnement de l'ensemble dépend de la précision du régulateur. Une balance Kelvin ou un appareil à cadre mobile fournissent l'erreur minimum.

La précision résultante de tout le dispositif est supérieure à celle obtenue par les méthodes actuelles.

Appareil portatif. — En éliminant le régulateur et le réducteur, on réalise un vérificateur portatif d'encombrement très acceptable qui comporte : la lampe, l'indicateur d'erreurs, un commutateur, le moteur et la magnéto. La vitesse du moteur est commandée par un rhéostat placé sur le côté du coffret contenant l'ensemble, et facilement accessible à la main.

Le système optique de l'appareil est un peu spécial, afin de permettre à l'opérateur une observation aisée du mouvement du disque, en même temps qu'il effectue les différents réglages nécessaires. A celle de faible encombrement, l'appareil doit joindre des qualités de légèreté.

Il doit renfermer encore un redresseur et un filtre pour l'alimentation de la lampe sous courant alternatif. La figure 3 donne l'aspect général du contrôleur type portatif.

Conclusions — L'appareil précédemment décrit est actuellement en cours d'expérimentation. Un modèle a été en service pendant un an, en gagnant constamment de précision et de sécurité de fonctionnement au fur et à mesure que l'opérateur développait son expérience.

Il a permis de travailler depuis 4 pour 100 jusqu'à 200 pour 100 de la charge normale, sans effort visuel.

Les essais peuvent être faits d'ailleurs, avec ou sans verres noirs, selon l'intensité lumineuse de l'ambiance.

La précision moyenne obtenue a toujours été supérieure à celle des méthodes plus généralement répandues.

Il est en outre certain, que l'emploi de ce nouveau dispositif réduit le prix de revient de l'étalonnage et des essais de compteurs.

J. M.

LA TRANSMISSION DES MESSAGES RADIO-TÉLÉGRAPHIQUES PAR LE SYSTÈME ANTI-PARASITES VERDAN-CARPENTIER

Les progrès de la radiophonie d'agrément ne doivent pas faire oublier l'importance considérable prise par la T. S. F. dans le domaine des communications. En pensant aux parasites qui troublent si indiscrètement nos écoutes radiophoniques, n'oublions donc pas combien ils sont gênants pour les communications télégraphiques par T. S. F., véritable industrie qui a fait, à celle des communications par câble, une concurrence ardente, mais qui s'est heurtée à un ennemi mortel et de ce fait est restée longtemps, jusqu'ici, pour au moins certaines époques de l'année et surtout pour certains pays, paralysée dans l'application des moyens, pourtant splendides, qu'elle offre de concurrencer victorieusement le câble.

I. — Les parasites.

Beaucoup d'industries meurent des « *parasites* ». Ainsi, le nom qu'on a donné aux perturbations, un peu mystérieuses, qui brouillent les messages de T. S. F. est-il aussi juste qu'il est imagé. Par malheur, il n'apporte aucune explication aux phénomènes si gênants qu'il a pour mission de désigner, et il ne suggère même aucune explication particulière sur leur nature, et par conséquent sur les moyens qu'on pourrait avoir d'en triompher.

Les *parasites* ont hanté les veilles de nombreux auteurs, se classant parmi les savants, les ingénieurs et les industriels spécialisés dans les communications par T. S. F. Il suffit de signaler, M. L. W. Austin (1) aux États-Unis, MM. Eccles (2) et Eckersley (3) en Angleterre, MM. de Bellescize (4) et Pierre Lejay (5) en France, M. Karolus (6) en Allemagne.

Heureusement, nous n'avons pas besoin de lire les nombreux mémoires consacrés aux parasites pour comprendre de quelle magistrale façon on est arrivé à déjouer, au moyen du système créé en France par M. Charles Verdan et réalisé par les Établissements Carpentier, les manifestations des parasites, si déprimantes pour la T. S. F. et si paralysantes, au point de vue de la continuité du service qu'elle assure, aussi bien qu'au point de

(1) Etude de M. L. W. Austin dans les *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, de février 1926, p. 133.

(2) Voir *The Wireless Engineer* de novembre 1926, p. 695.

(3) Voir l'*Electrician* du 8 août 1924, p. 150.

(4) Son ouvrage : *Les atmosphériques et leur influence sur les signaux en T. S. F.*, p. 29.

(5) *Les perturbations orageuses du champ électrique*, pages 56 et suivantes.

(6) *Système Karolus*, *Telefunken-Zeitung*, décembre 1926, p. 7.

Digitized by Google

vue de son développement, en concurrence avec les câbles.

Les parasites paraissent de nature très variée, les uns ayant leur origine dans la photosphère, les autres dans les couches inférieures de l'atmosphère. Malgré les manifestations très différentes de l'une et de l'autre classe de parasites, on leur reconnaît une propriété commune, et c'est cette propriété qui a permis à M. Charles Verdan, ingénieur des P.T.T. attaché au poste de Strasbourg, de concevoir un principe d'élimination tout à fait simple, dont les effets sont extrêmement remarquables.

Nous opposerons, en quelques mots, ce principe à celui qui vient constamment à notre secours, lorsque, écoutant en radiophonie un concert ou une conférence, on cherche à éliminer les hôtes indésirables représentés alors par d'autres concerts ou d'autres conférences : en radiophonie, on reçoit l'émission désirée sur une longueur d'onde ou une fréquence déterminée, et les indésirables sont des émissions qui nous parviennent sur des fréquences ou des longueurs d'onde peu différentes de celle à laquelle se fait l'écoute. *Alors, pour éviter ces indésirables, il est tout naturel qu'on procède par résonance, c'est-à-dire qu'on rende plus serré l'accord de fréquence par lequel on est lié au poste dont on suit l'émission.* La manœuvre d'un condensateur de réglage permet de rapprocher la fréquence propre du circuit récepteur ou des étages du poste de radio autant qu'on le veut de la fréquence qui caractérise la station émettrice désirée. Le maximum de la sélectivité correspond au maximum de la courbe en V renversé dite de résonance, les deux rampes de cette courbe de part et d'autre du maximum étant plus ou moins accusées suivant le degré de résonance réalisable sur les circuits du poste par les moyens de réglage qu'il comporte.

Quand on fait des communications par T.S.F. on procède également aujourd'hui, à l'exception de quelques émissions se faisant encore par ondes amorties, au moyen *d'ondes entretenues qui sont susceptibles de permettre l'emploi du même principe de réglage, vis-à-vis de tous les signaux indésirables offrant eux-mêmes un caractère périodique. La T.S.F., comme la radiophonie d'agrément, bénéficie donc des réglages par résonance qui lui permettent d'éviter les signaux indésirables à ondes entretenues.* Ce n'est donc pas là le problème qui retardait le progrès des communications par T.S.F., puisque la résonance le résoud au bénéfice de toutes les formes de T.S.F. à ondes entretenues. *Ce qu'elle ne pouvait faire jusqu'ici, c'est éliminer les parasites si capricieux, qu'ils viennent de la haute atmosphère ou des couches atmosphériques terrestres, qui n'ont aucune périodicité, partant aucune fréquence, et qui n'obéissent à aucune loi.*

Certes, il était très simple, renonçant à la résonance qui n'a pas prise sur eux, d'utiliser précisément cette propriété, qui est leur point faible, de n'obéir à aucune loi et de n'avoir aucune périodicité. C'est ce qu'a fait M. Verdan, en répétant les éléments d'un message de T.S.F. de façon saccadée, une ou deux fois par exemple, et en mettant au défi les parasites capricieux de se répéter suivant la même loi de récurrence.

II. — Le principe du « Verdan ».

Ainsi, toute complication de réalisation mise à part, le principe du « Verdan » est des plus simples, et consiste à émettre chaque signe du message, plusieurs fois et rythmiquement, avec la certitude que les parasites ne se soumettront pas au même rythme et par conséquent ne reproduiront pas, à chaque répétition d'un signe du message, l'altération qu'ils avaient produite précédemment sur ce signe.

La mise au point de ce principe par M. Verdan a été jugée si méritoire, que la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale a, sur Rapport de M. Jean Carpentier au nom du Comité des Arts économiques, dans sa séance du 22 janvier 1927, accordé à M. Charles Verdan une médaille d'or en récompense de ses travaux. Dans le rapport lumineux que M. J. Carpentier a établi pour faire accorder cette distinction à M. Verdan, on trouve exposée, dans les termes suivants, l'idée de principe du « Verdan » et une de ses formes de réalisation (émission et réception) :

« Si, dans une *transmission* au moyen d'un système « télégraphique à synchronisme, tel que le Baudot et « tous les appareils dérivés, tels que le Morkrum, le « Murray, le Siemens, etc., les signaux ont des durées « absolument fixes et un rythme imposé par le déplace- « ment des balais sur le plateau du distributeur du « poste émetteur, les parasites, eux, n'ont aucun rythme. « Si on émet alors plusieurs fois une certaine lettre, on « doit recevoir, en supposant l'existence des parasites, « une série de signaux qui comprennent tout d'abord « tous ceux qui ont été réellement envoyés, et qui cor- « respondent à la lettre transmise, augmentés de tous « ceux que les parasites sont venus ajouter. Ces derniers, « au lieu de se placer de la même manière dans les diffé- « rentes réceptions, par rapport aux signaux réellement « transmis, se trouvent « distribués au hasard ». Si on « applique à ce placement des parasites, le calcul des « probabilités, on voit de suite qu'il est extrêmement « rare que deux signaux identiques inscrivent le ou les « mêmes parasites exactement aux mêmes instants rela- « tifs à leur réception, et si l'émission du même signal a « lieu 3 fois, l'inscription des parasites aux mêmes ins- « tants relatifs sur les 3 réceptions est pratiquement « impossible.

« Si on compare les trois *réceptions* accompagnées « chacune de parasites situés différemment, il suffira, « dans la traduction de ces signaux, de conserver seule- « ment les signaux communs aux trois émissions, pour « en éliminer les parasites. Le système Baudot se prête « à l'application du procédé de sélection de Verdan, « parce qu'il est multiple et que la répétition d'un même « signal peut être affectée sans troubler la cadence habi- « tuelle d'émission des signaux successifs. Un des sec-

Digitized by Google

« teurs du distributeur opère la première émission de la « manière normale, un autre secteur la répète avec un « certain retard et un troisième secteur la répète de nou- « veau, avec un nouveau retard. »

III. — Explications par les bandes perforées.

Pour la comparaison des réceptions, il semble qu'on ait l'embarras du choix entre de nombreux moyens, qui tous ont d'ailleurs été étudiés par l'inventeur et les constructeurs : le plus simple a été, par M. R. Malo, dans le *Génie Civil* du 9 avril 1927, exposé sous une forme imagée, qui en aidant à comprendre le mécanisme de fonctionnement du système *Verdan, met en lumière le fait très curieux qu'il transmet nettement chaque lettre, alors même que cette lettre aurait été, au cours d'une triple émission Verdan, altérée chaque fois par les parasites.*

L'auteur a supposé qu'un appareillage approprié permettait de recueillir chaque émission du message Verdan sur une bande de papier séparée, c'est-à-dire :

Lors de l'émission 1 (fig. 1), les signes représentés en face du signe 1 ci-contre;

lors de l'émission 2, les signes représentés en face du signe 2 et, enfin,

lors de l'émission 3, les signes représentés en face du signe 3.

Dans chacune des émissions 1, 2 et 3, de nombreuses lettres sont entachées de parasites indiqués par les points blancs qui en altèrent, les uns telle lettre d'une émission, les autres telle lettre de deux émissions et d'autres, enfin, la même lettre dans les trois émissions, cas dont la fréquence est véritablement extraordinaire, mais qu'on a provoqué à dessein sur la première émission les 3 messages répétés successivement en 1, 2 et 3. La première lettre correcte n'était ni « P » (bande 1), ni « V » (bande 2), ni « Q » (bande 3). Ce qu'on a voulu transmettre, et effectivement transmis, est reproduit (fig. 2) et se traduit, en clair, par les mots « transmis par le système Verdan ». Le « T », qui est la première lettre de ce message, ne se trouvait correctement reproduit dans aucune des trois bandes, mais les altérations que comportait la première lettre de chacune de ces bandes étaient toutes additionnelles et, heureusement, ne se répétaient pas identiquement dans les trois bandes, de sorte que la superposition de ces bandes effaçait, en réalité, tous les signes indésirables et ne laissait subsister que les signes réellement transmis.

Il ne s'agit somme toute que d'utiliser, à l'aide d'un dispositif de triage approprié, les signes élémentaires *communs à toutes les réceptions successives*, c'est-à-dire *figurant dans toutes ces réceptions.*

Comme nous l'avons indiqué plus haut, on a détaché en blanc, pour mieux indiquer l'effet des parasites, la partie centrale des signes qui leur correspondent sur les bandes, et on peut ainsi se rendre compte non seulement des effets d'une double répétition, c'est-à-dire de la transmission saccadée faite trois fois successivement, mais encore, si on en prend la peine, des effets parasites qui auraient pu subsister si l'on n'avait répété qu'une fois, c'est-à-dire utilisé 2 bandes seulement.

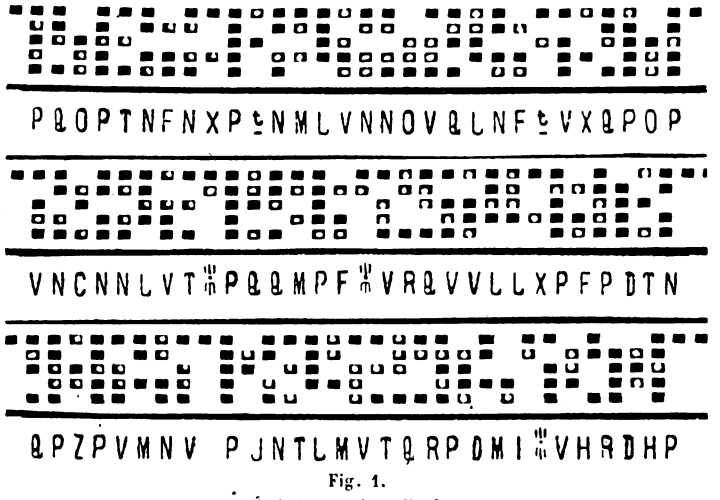


Fig. 1.
Émission système Verdan.

IV. — Le « Baudot » et sa « verdanisation »

Nous ne saurions nous étendre, ni sur ce point, ni sur la réception des bandes séparées et leur triage automatique possible; nous avons hâte, en effet, d'indiquer sommairement, sans entrer dans les complications du Baudot, de son fonctionnement et de sa construction, *comment on peut, sans s'embarrasser de bandes perforées, procéder beaucoup plus élégamment au triage automatique par lequel s'éliminent les parasites.* Il suffira de rappeler brièvement quelques caractéristiques du Baudot pour se rendre compte que, *des principes mêmes de sa construction découle une particulière facilité de réalisation du principe du Verdan, qui est la répétition saccadée des lettres du message transmis.*

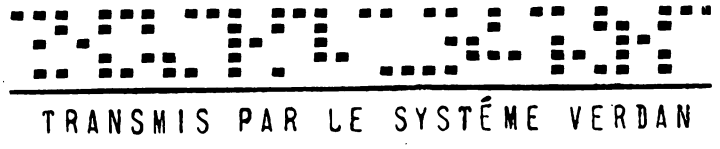


Fig. 2.
Impression à l'arrivée.

En effet, des postes Baudot comportent, à l'émission et à la réception, deux distributeurs identiques, formés de plusieurs couronnes concentriques divisées en un certain nombre de secteurs (4 secteurs par couronne sur la figure 3). Si les deux distributeurs sont animés de vitesses synchrones (ou au moins ramenés en des points

Digitized by Google

correspondants à la fin de chaque tour de rotation), l'appareil est apte à transmettre parfaitement, suivant une cadence qui découle de l'uniformité de sa vitesse de rotation, des éléments de messages séparés, ces messages étant au nombre de quatre lorsque les appareils comportent (comme fig. 3) 4 secteurs.

Le Baudot de la figure 3 fonctionne en multiple, et, s'il n'est pas « verdanisé », les 4 secteurs I, II, III et IV de gauche se partagent des intervalles de temps égaux et desservent respectivement quatre communications, préparées par quatre opérateurs et reçues à l'arrivée par les quatre secteurs correspondants I, II, III et IV de droite.

Le Baudot quadruple est évidemment apte à répéter les signaux au lieu d'en transmettre de distincts, ou en

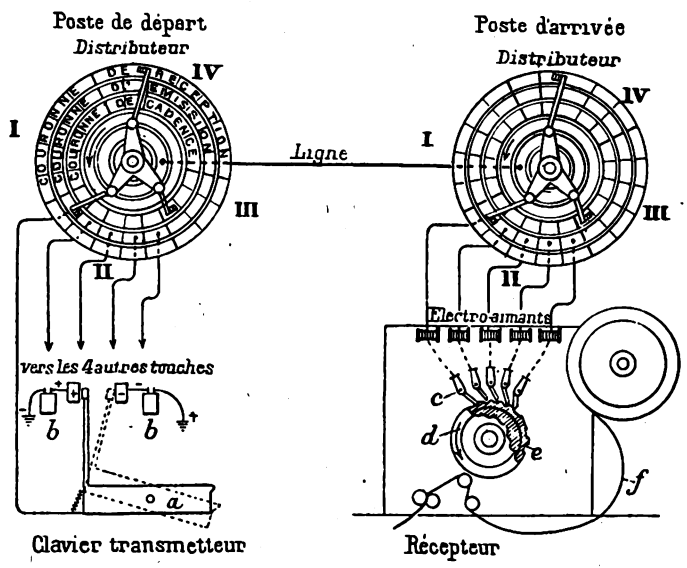


Fig. 3.
Schéma du système Baudot.

d'autres termes, apte à verdaniser les messages qu'on désire soustraire à l'action des parasites. Le quadruple représenté pourrait même les répéter 4 fois, en communication avec un dispositif à bandes qui recueillerait quatre bandes analogues aux trois bandes de la figure 1.

Comme cependant d'après l'expérience et les calculs de probabilités, les répétitions sont extrêmement efficaces, il suffit de les faire une fois ou deux fois. On peut, en «verdanisant » le Baudot de la figure 3 pour répéter une fois, soit pour deux émissions par lettre, lui conserver l'avantage de transmettre deux messages.

Si on répétait 2 fois, c'est-à-dire si on faisait 3 transmissions et si on désirait, malgré tout, un Baudot double, on utiliserait 6 secteurs au lieu des 4 secteurs que comportent les appareils de la figure 3.

On voit, par ces simples explications, que la cadence de la « verdanisation » était déjà en essence dans le Baudot classique, la seule différence de principe étant qu'elle devient avec Verdan une cadence de répétition alors qu'elle était, dans le Baudot quadruple ou sextuple, une cadence de transmission simultanée de 4 ou 6 messages.

S'il est vrai que le rendement de principe de l'appareil se trouve diminué quand on affecte à des répétitions du même message des secteurs qui transmettaient simultanément des messages différents, l'expérience, aussi bien d'ailleurs que le calcul, montrent que cette perte de rendement est plus que compensée par l'élimination des parasites, et que d'ailleurs il est possible d'accélérer les organes du Baudot et de réaliser des *Baudot à grande vitesse* permettant de conserver les caractéristiques du multiplex et de la verdanisation.

Pour apprécier ce qu'on gagne en verdanisant, il suffit de rappeler qu'il a été impossible, jusqu'ici, à la T. S. F. de concurrencer les câbles, bien qu'elle leur soit à tous égards supérieure, aussi bien par temps d'orage que dans la saison chaude et plus particulièrement dans les pays modérément rapprochés de l'équateur.

V. — Mécanisme d'une émission.

Le mécanisme de l'émission peut être exposé simplement par référence à la figure 3, tant en Baudot simple qu'en Baudot verdanisé.

Dans le Baudot normal, les cinq plots de chaque secteur de la couronne d'émission sont reliés aux cinq touches du manipulateur représenté sur la figure 4, actionné par l'opérateur suivant le code Baudot. Pour envoyer la lettre B, par exemple, on abaisse les touches 3 et 4, en alimentant, par la pile négative de la figure 3, les plots 3 et 4 du secteur II d'émission. Le balai du poste d'émission glissant sur sa couronne envoie deux impulsions au moment où il passe sur ces plots 3 et 4, et le balai identique du poste de réception, qui tourne synchroniquement, les fait passer à travers les plots 3 et 4 du secteur II de la couronne de réception, aux électro-aimants aiguilleurs qui actionnent le mécanisme de traduction, assurant l'impression de la lettre B sur la bande.

Si on fait simplement du Baudot, on envoie directement sur la ligne les impulsions de courant recueillies par le balai, sur le secteur II. Si on verdanise en répétant une fois, on affecte, par exemple, le secteur I à la répétition des émissions du secteur II et si on verdanise deux fois, il suffira d'utiliser un des deux secteurs restant, ce qui est pratiquement inutile. Les impulsions de courant recueillies par le balai sur le secteur II doivent alors, puisque le secteur I doit les verdaniser, être emmagasinés et lui être renvoyées par un appareil approprié : c'est à un retransmetteur qu'il a été fait appel dans une des formes de réalisation du système Verdan, le retransmetteur, ainsi qu'on le sait, est un appareil existant déjà dans l'outillage télégraphique, mais ayant pour but de recevoir les impulsions d'une première section et de les transmettre à la section suivante. Les retransmetteurs, qui permettaient d'allonger la portée des transmissions Baudot, permettent aujourd'hui de verdaniser le Baudot, et comme le code Baudot comporte cinq signes.

Digitized by Google

on compose le retransmetteur de cinq relais (fig. 5), dont chacun ouvre, vers le secteur I, le passage aux impulsions venant du secteur II. Dans l'exemple cité plus haut de la lettre B, ce sont les relais 3 et 4 qui sont actionnés; ils ferment leurs contacts et restent accrochés mécaniquement ou électriquement, en alimentant les plots 3 et 4 du secteur I. On voit que l'émission se fait normalement par le secteur I, mais qu'en même temps le signe émis est emmagasiné, sur les plots du secteur I, par les relais retransmetteurs. Au bout d'un certain temps, le balai d'émission passe sur les plots du secteur I en recueillant la lettre emmagasinée et en émettant ainsi sa répétition. Les électros retransmetteurs alors sont automatiquement déverrouillés, et le secteur II est prêt à être actionné par le manipulateur pour transmettre une nouvelle lettre.

VI. — Mécanisme d'une réception.

L'analyse du fonctionnement d'un tel système à 2 répétitions a été donnée très simplement par M. J. Carpentier dans son rapport à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale : « Les 3 transmissions sont reçues « au poste de réception chacune avec les para- « sites qui se sont introduits parmi leurs signaux élé- « mentaires. La première réception, au lieu d'être uti- « lisée directement à l'impression de la lettre, est uti- « lisée simplement à manœuvrer des électros aiguilleurs, « dont les armatures déviées préparent la voie aux cou- « rants de la deuxième réception.

« Lorsque celle-ci a lieu, une autre série « d'électros est manœuvrée, mais à la condition « que la voie de chacun d'eux soit préparée par « un électro actionné à la première émission ; de « sorte que les parasites de la première réception « auront ouvert des voies qui ne seront pas utili- « sées à la deuxième réception, et que les para- « sites de la deuxième réception ne trouveront « pas de voies ouvertes et n'actionneront pas les « électros de la deuxième série.

« Quand la troisième réception se présentera, « les courants correspondants seront dirigés vers « les électro-aiguilleurs du traducteur, pour « effectuer l'impression de la lettre, mais n'y « parviendront que si leurs voies sont ouvertes « par les électros de la deuxième série, c'est-à-dire, « que les parasites de la troisième émission ne trouve- « ront pas de voie ouverte devant eux et seront éliminés « à leur tour (1). »

Un exemple fera encore mieux comprendre comment les éléments de la figure 3 concourent au résultat ci-dessus :

Si on examine le fonctionnement du récepteur Verdan, de droite (fig. 3) correspondant aux répétitions venant de gauche (même figure), on explique comme suit la réception de la lettre ß et la pureté de cette réception : « La « lettre, émise par le secteur II du poste de départ, est « reçue d'une façon normale par le secteur II du poste « d'arrivée, mais au lieu d'être transmise directement au « traducteur, elle est emmagasinée par un groupe de « cinq électros analogues à ceux du poste de départ. La « deuxième réception se fait par le secteur I, mais les « impulsions reçues ne passent au traducteur qu'après « avoir traversé les contacts de ces relais, disposés sui- « vant la figure 5. Si les deux transmissions se font nor- « malement, les électros 3 et 4 du poste d'arrivée fer- « ment leurs contacts au cours de la première réception « (fig. 5) et la deuxième réception passe, à travers ces « contacts, au traducteur. Un parasite se présentant au « cours de la première émission peut actionner un ou

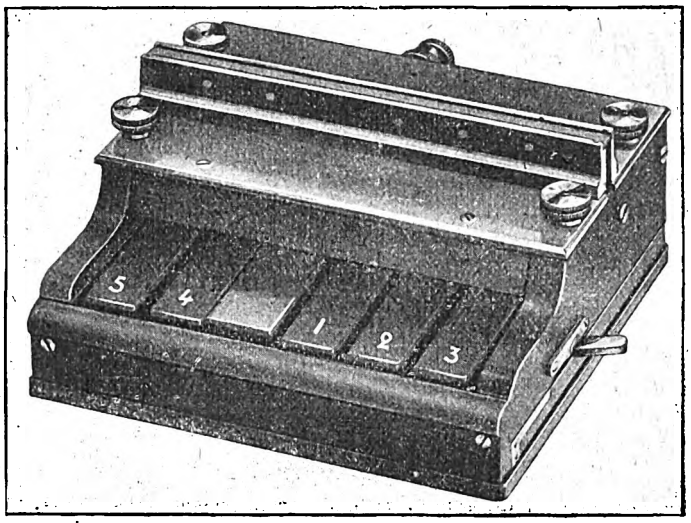


Fig. 4.
Manipulateur.

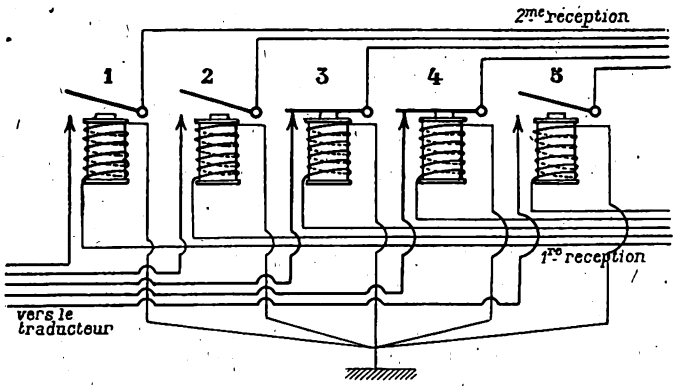


Fig. 5.
Schéma des relais servant à la re-transmission.

(1) En réalité, on peut dire qu'ils sont retenus dans les électros aiguilleurs comme de véritables *pièges à parasites*, et qu'un parasite qui se répéterait ne pourrait franchir les pièges qu'en reproduisant la cadence voulue, épreuve aussi difficile que celle de deviner le « chiffre » à 2 ou 3 éléments d'un coffre-fort.

Digitized by Google

« plusieurs électros qui doivent normalement rester « inactifs, mais ces électros ne peuvent actionner le tra- « ducteur que si les mêmes impulsions supplémentaires, « dues aux parasites, figurent dans la deuxième émission « aux mêmes instants relatifs. »

VII. — Efficacité théorique du système et choix du nombre des émissions cadensées.

En étudiant par calcul l'influence des répétitions sur les parasites non éliminés, M. R. Malo conclut *de ses calculs que la transmission sans répétition donnerait un mot inexact sur 4, qu'une répétition réduirait cette proportion à un mot inexact sur* 272, *et* 2 *répétitions donneraient un mot inexact sur* 5820.

VIII. — Réglage des répétitions et des intervalles de temps.

L'appareillage construit pour le Verdan par les Ateliers Carpentier permet d'ailleurs de *modifier le nombre de répétitions pendant le fonctionnement du système.* Lorsqu'on constate que les parasites sont peu prononcés, on peut, au lieu de faire deux répétitions, n'en faire qu'une seule, en augmentant le débit de 50 pour 100; par une simple commutation, on peut éventuellement supprimer totalement les répétitions, si les conditions atmosphériques le permettent, et transmettre avec le rendement optimum.

Dans les appareils que nous venons de décrire, *les intervalles de temps entre les émissions successives* de la même lettre sont déterminés par la vitesse des balais et par le nombre des secteurs existant sur les distributeurs. Cet intervalle est d'une demi-seconde environ. On sait cependant que les parasites viennent souvent par groupes, et ce fait doit imposer à l'intervalle une certaine valeur minimum, pour qu'un parasite ayant agi sur la première émission, la suite des parasites du même groupe n'arrive pas à agir sur les répétitions. Pour augmenter cet intervalle, M. Verdan a imaginé un dispositif mécanique très simple, désigné par appareil à contacteurs différés (fig. 6) qui assure la répétition et le triage des signaux, et peut être adjoint à un poste Baudot ordinaire.

Cet appareil se compose de cinq disques R qui tournent devant cinq électros (le dessin représente l'électro n° 3), agissant sur leurs armatures N. Chaque disque porte six cliquets mobiles P, goupillés en E, dont la rotation est limitée par les butées I. Lorsqu'un certain nombre d'électros attire les armatures N, les leviers A, pivotés en B, tournent à gauche et basculent un groupe de cliquets mobiles P qui viennent buter contre leurs galets C. Ce basculement des cliquets P fait sortir les doigts de contact J qui, normalement, ne dépassent que très peu la périphérie des disques R. Au bout d'un temps déterminé (qui est de l'ordre de 2 secondes dans les appareils réalisés), les cliquets armés passent devant les balais fixes T en fermant les circuits électriques qui produisent l'émission du signal donné et excitent les électros d'un deuxième dispositif à contacteurs différés. Après avoir fermé leurs circuits électriques, les doigts J sont ramenés dans leurs positions de repos par la came L.

Un deuxième dispositif à contacteurs différés agit de la même façon et produit, au bout d'un certain retard, une nouvelle émission. Chaque passage d'un groupe de cliquets devant les électros correspond naturellement à la transmission d'une lettre, de sorte qu'en faisant tourner les disques R six fois moins vite que les balais du distributeur, il faut employer six groupes de cliquets.

A la réception, la première émission est emmagasinée par un groupe de cliquets, la deuxième passe par les contacts fermés par ces cliquets aux électros d'un deuxième dispositif à contacteurs différés, et la troisième émission passe par les contacts du deuxième dispositif au traducteur. En principe, ce genre de triage est, comme celui des

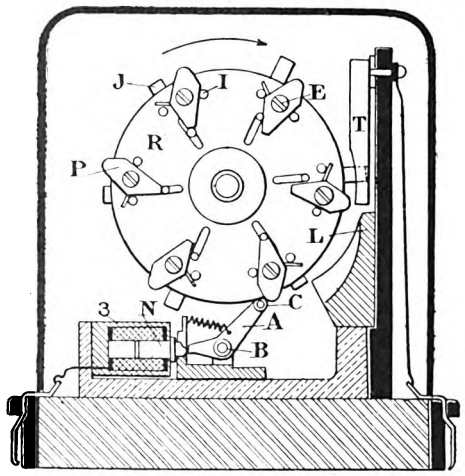


Fig. 6.
Appareil à contacteurs différés.

retransmetteurs, équivalant à la superposition de trois bandes perforées que nous avons décrite pour exposer l'idée de M. Verdan.

IX. — Applications pratiques du système.

L'appareillage qui convient à la verdanisation peut être adjoint à tous les appareils télégraphiques dérivés du Baudot, tels que le « multiplex » Morkrum ou le Murray. On peut également l'appliquer aux autres systèmes télégraphiques utilisant un code différent du code Baudot, en faisant subir à ces systèmes une modification qui les rend multiples. C'est ainsi que le système Verdan peut s'adapter aux appareils Creed, utilisant le code Morse, à l'appareil Siemens et aux différents dispositifs de télémécanique.

La conclusion du rapport de M. J. Carpentier permet de se représenter comme suit l'état présent et l'avenir des applications de Verdan :

M. Verdan, après avoir fait des essais locaux dans les bureaux des Postes et Télégraphes de Strasbourg, fit, l'année dernière, une expérience dont les résultats ont été remarquables, entre la Corse (poste de Livrelli) et Cros

Digitized by Google

de Cagnes. Cette première expérience a été faite uniquement avec des appareils construits par M. Verdan lui-même, qui étaient des appareils destinés à faire une démonstration de la valeur du procédé. L'intervalle entre les répétitions était alors de 0,8 seconde et le débit de 30 mots à la minute. Sur le même principe, M. Verdan réalisa ensuite des appareils qui ont été essayés entre Croix d'Hins et Villejuif, et qui ont permis d'obtenir un débit constant de 60 mots à la minute; récemment des essais entre Paris et Toulon ont permis d'obtenir le même débit. Plus récemment encore, un essai à grande distance, entre Croix d'Hins et Tananarive, a montré toute l'efficacité du procédé. Ces derniers essais ont été officiellement déclarés très satisfaisants et vont permettre, après une mise au point de détail, d'assurer dans un avenir extrêmement proche le service commercial radiotélégraphique entre la France et notre grande colonie, dans des conditions de rapidité et de sûreté qui n'ont pas été obtenues jusqu'à présent, et grâce à une invention très française. L'amélioration de rendement due au système Verdan est donc dès maintenant considérable. En dehors de la télégraphie, il faut signaler aussi que l'idée de M. Verdan peut être appliquée à la télémécanique et que, dans cette voie, comme dans la première, on peut espérer des résultats tout aussi importants.

X. — Avantages du système Verdan.

Comme autres avantages, M. R. Malo signale que le nouveau système permet d'assurer le service radiotélégraphique avec une sécurité et une régularité au moins égales à celles des communications par câble, de pouvoir communiquer à n'importe quelle heure, à n'importe quelle distance, avec la longueur d'onde habituelle, sans recourir aux antennes spéciales, aux émissions dirigées et aux ondes courtes dont l'emploi n'est pas toujours facilement réalisable. L'automaticité absolue des répétitions et de l'élimination des erreurs de transmission permet de réduire le personnel des stations et de le faire travailler d'une façon plus régulière, sans heures creuses pendant lesquelles le service est impossible à cause des parasites.

D'autre part, le système ne comporte pas d'appareils délicats, tels que des relais très sensibles, oscillographes, cellules photoélectriques, amplificateurs filtres, systèmes optiques, etc., qui, dans certains systèmes, rendent les installations très coûteuses et tellement compliquées qu'elles ne peuvent être manipulées que par un personnel expert. Au contraire, grâce au système Verdan, le service peut être assuré avec les installations, antennes, etc., normales, sans aucune modification des postes, et avec l'appareillage télégraphique familier au personnel. Tous les dispositifs d'emmagasinement et de triage des signaux, les seuls qui doivent être ajoutés aux appareils télégraphiques ordinaires, sont de simples relais électromagnétiques ou des appareils mécaniques, peu coûteux et peu encombrants, entièrement automatiques, dont l'entretien peut être assuré sans difficulté ni apprentissage spécial.

De même que l'ont fait Baudot, en créant le prototype des appareils télégraphiques multiplex, et Picard en appliquant le principe de Baudot aux câbles sous-marins, M. Charles Verdan apporte aujourd'hui à son pays un nouveau motif de considération, car son invention est de celles qui permettent d'améliorer beaucoup le fonctionnement de nos communications T. S. F. lorsqu'elles sont troublées par les parasites, et d'en établir dans de nombreux pays où la transmission par T. S. F. est demeurée jusqu'ici interdite parce qu'elle est infestée de parasites considérables en toutes saisons.

Aujourd'hui que les communications à longue portée sont devenues une des préoccupations primordiales du monde industriel, on doit saluer comme une invention d'importance exceptionnelle celle qui permettra, à tout poste européen par exemple, de rester en communication toute l'année, à toute heure du jour, avec des postes qui ne sont aujourd'hui que des correspondants occasionnels, ou tout au moins souvent gênés dans leurs communications avec nous parce que installés dans des pays où les parasites sont infiniment plus redoutables qu'en France.

L. J.

SITUATION ACTUELLE DE LA GRANDE-BRETAGNE
AU POINT DE VUE DE L'ÉLECTRICITÉ

I. — Le nouveau Président de l'Institution of Electrical Engineers.

On doit à M. W. H. Eccles, nouveau Président de l'*Institution of Electrical Engineers*, des indications fort intéressantes sur la situation comparée de l'Angleterre et des grands pays concurrents, tout particulièrement l'Allemagne et les États-Unis, qui sont dans le domaine de l'électricité les compétiteurs les plus ardents des industries anglaises.

Pour juger la situation industrielle, et particulièrement celle de l'électricité, le Dr Eccles peut s'autoriser d'un passé qui lui confère une grande autorité : s'il est particulièrement connu pour ses travaux en télégraphie sans fil et pour son célèbre *Handbook of Wireless Telegraphy*, on sait que depuis ses débuts à la Telegraph and Signal Co à Chelmsford, il a consacré à la technique et à l'électricité de nombreuses études, parues de 1905 à 1912 dans les *Proceedings of the Royal Society*, le Journal *of the Institution of Electrical Engineers*, les *Proceedings of the Physical Society*, le *Phylosophical Magazine*, *l'Electrician*, *l'Electrical Review* et autres publications.

Enfin, il a, en 1916, succédé au professeur Silvanus P. Thompson, dans la Chaire d'Electrical Engineering du Finsbury Technical College, et il n'a cessé de suivre depuis lors le développement des recherches, des inven-

Digitized by Google

tions et des réalisations industrielles dans tous les domaines touchant l'électricité.

Les recherches et inventions lui tiennent particulièrement à cœur parce qu'il les a pratiquées personnellement, soit à Chelmsford pour la Telegraph and Signal Cᵒ, soit au laboratoire de Finsbury du Technical College, soit enfin pour l'Amirauté anglaise au laboratoire du Board of Invention and Research pendant la guerre.

II. — Recherches et Inventions.

Une des constatations qu'il faut relever dans le discours inaugural du professeur Eccles à l'*Institution of Electrical Engineers* est le développement moins poussé dans la recherche et dans l'invention en Angleterre, qu'en Allemagne et en Amérique.

L'électricité a une part plus grande dans le total dès inventions anglaises qu'elle n'en a dans l'ensemble des inventions américaines et allemandes, les coefficients respectifs qui mesurent l'importance des inventions propres à l'électricité étant de 21 pour 100 pour l'Angleterre, 10,8 pour 100 pour l'Allemagne et 9,8 pour 100 pour les États-Unis. Cette importance particulière de l'électricité dans l'ensemble des domaines d'inventions ne rachète pourtant pas l'infériorité de l'Angleterre, car 59 pour 100 des inventions délivrées par le Patent Office de Londres sont d'origine étrangère et on compte peu d'inventions anglaises brevetées dans les Offices d'invention des pays étrangers.

III. — Activité industrielle.

On trouve dans l'*Electrician* du 29 octobre, de longs extraits de l'adresse présidentielle du Dʳ Eccles lus le 21 octobre à l'Institution of Electrical Engineers. Beaucoup de chiffres et de considérations seraient à retenir dans cette conférence, mais il suffit d'indiquer à grands traits les enseignements qui s'en dégagent et les chiffres les plus éloquents cités pour l'édification des ingénieurs et industriels auxquels s'adressait le Dʳ W. H. Eccles.

Si l'on se rapporte à l'unité de puissance ou en kilowatt de machine installé, on voit qu'il représente comme énergie annuelle développée : 1730 kw-h en Angleterre, soit l'équivalent d'une marche quotidienne de 4 h 3/4. En Allemagne, le kilowatt installé représentait déjà une production annuelle de 1500 kw-h en 1913 et de 3460 kw-h en 1923.

Cette comparaison est très frappante, et le Dʳ Eccles se livre à des comparaisons analogues qui montrent combien les placements financiers sont, dans le domaine de l'électricité, plus profitables aux Etats-Unis qu'en Angleterre (dans la proportion approximative des deux chiffres de 28 kw-h pour l'Angleterre et 55 kw-h pour les Etats-Unis qui représentent, pour chacun des deux pays, la production annuelle en kilowatt-heure de chaque livre sterling de machine installée).

Ces résultats paraissent dus, en grande partie, à la puissance unitaire plus considérable et aux interconnexions de réseau plus nombreuses et mieux étudiées en Allemagne et aux États-Unis qu'en Angleterre.

En raison du petit nombre des interconnexions réalisées, le facteur d'utilisation atteint en Angleterre est inférieur à la moitié de celui que réalisent d'autres pays, et, pour le développement national, il n'est pas moins regrettable de constater que l'électricité ne dessert efficacement que les 2/3 environ du territoire.

La consommation électrique dans l'industrie paraît susceptible d'être représentée, pour un des derniers exercices (1924) : à 53 pour 100 pour l'Angleterre, 61 pour 100 pour la Belgique, 60 pour 100 pour l'Allemagne et 68 pour 100 pour les États-Unis.

En tous pays les chemins de fer et tramways doivent représenter une part importante de la consommation, et le Dʳ Eccles constate qu'en Angleterre les tramways répondent bien à ce besoin et paraissent jouir d'un développement qui égale celui des tramways des autres pays, mais les véhicules à batteries y sont beaucoup moins développés qu'aux États-Unis (1000 unités en Angleterre contre 18000 en Amérique).

L'électro-métallurgie et l'électro-chimie ont fait de grands progrès, malgré l'état de crise qui leur a nui, mais c'est surtout l'électricité agricole et l'électricité domestique qui paraissent réfractaires au progrès, 18 pour 100 seulement des habitations anglaises étant électrifiées, alors que 90 pour 100 le sont en Suisse, 70 pour 100 à Tokio, 88 pour 100 à Amsterdam (par opposition à moins de 10 pour 100 à Glasgow et Manchester).

Le Dʳ Eccles estime que la consommation annuelle d'énergie domestique par tête ne devrait pas demeurer à 10 kw-h qu'elle est actuellement, mais bien atteindre 40 à 60 kw-h si les efforts de l'*Electrical Development Association* et de l'*Electrical Lamp Manufacturers' Association* sont couronnés de succès.

La situation est satisfaisante au point de vue des communications par câbles, l'Angleterre ayant toujours ambitionné et longtemps tenu le premier rang dans ce domaine.

Non seulement cela peut s'entendre de la télégraphie, mais aussi de la téléphonie internationale, grâce à la pose d'un câble téléphonique à 8 paires de conducteurs et à charge continue reliant l'Angleterre à la Hollande depuis 1924, ainsi qu'à la pose d'un câble de 14 ampères entre Angleterre et Belgique.

Si, satisfait du développement des câbles sous-marins, on considère le développement des formes de signalisation concurrentes et notamment la T. S. F., on constate que l'Angleterre a partiellement recueilli les fruits de la collaboration qu'elle a consentie à Marconi dès le début de son activité internationale. 86 stations radio-télégraphiques à ondes longues et 41 stations à ondes courtes représentent les moyens actuels à la disposition du Wireless Telegraph Board et de la Wireless Section of the Post Office Engineering Department.

Digitized by Google

Ces réseaux importants posent nettement, dans le domaine pratique expérimental, la question des ondes longues et des ondes courtes, et l'Angleterre a fait preuve d'un esprit éclectique très louable en jouant ses chances de succès sur les deux tableaux qui se présentaient, et en le faisant d'ailleurs dans les conditions d'aussi large et d'aussi libérale politique financière.

IV. — Radiophonie transatlantique, maritime, intérieure, etc...

Aujourd'hui, l'Angleterre détient, par la station de Rugby, le seul circuit téléphonique qui relie l'Europe aux États-Unis, à travers le poste de Long Island de la Radio Corporation of America. Plus de 1400 postes de plus faible portée fonctionnent en Angleterre, la plupart consacrés aux communications maritimes, et dans le domaine de la radiogoniométrie et des phares hertziens, l'Angleterre vient au troisième rang, immédiatement après les États-Unis et la France.

Les postes de ce genre étant au nombre de 46 en Amérique, 18 en France, 13 en Angleterre. De 10507 postes de navires existant dans le monde, l'Angleterre n'en pôssède pas moins de 3996. A 555 postes d'émissions radiophoniques des Etats-Unis, l'Angleterre en oppose 21, dont un égale en puissance l'unique poste de 50 kw des États-Unis.

V. — Exportation de matériel électrique.

Les exportations anglaises ont été influencées par la crise, mais l'Angleterre exporte une part de sa production beaucoup plus élevée que ses concurrents les plus redoutables : si donc la production de matériel électrique aux États-Unis atteint 284000000 de livres, elle est en Allemagne de 90000000 et en Grande-Bretagne de 70000000.

La part proportionnelle qui revient à l'exportation est de 25 pour 100 en Angleterre, 15,7 pour 100 en Allemagne et 5,5 pour 100 seulement aux États-Unis. Pour certaines exportations, comme celle du matériel télégraphique par exemple, l'Angleterre s'est assuré le premier rang en 1925, l'Allemagne et l'Amérique n'ayant que le second rang alors que, en 1913, l'Allemagne avait la plus grosse part des exportations.

Pour le gros matériel électrique, l'ordre d'importance des pays exportateurs était : Allemagne, Angleterre, États-Unis en 1913. Il est maintenant devenu : Angleterre, États-Unis et Allemagne.

Il reste à l'Allemagne sa supériorité pour les appareils de mesure, et il lui reste aussi la supériorité en Europe et le second rang dans le monde après les Etats-Unis pour l'organisation sur un plan national des recherches techniques et des inventions (supériorité particulièrement pénible pour le Dr W. H. Eccles qui a toujours consacré une grande partie de son temps à des recherches, ainsi qu'on l'a dit plus haut).

VI. — Les Recherches et Inventions a l'étranger et en France.

Très sensible aux questions d'enseignement et aux inventions, le nouveau président de l'*Institution of Electrical Engineers* fait observer qu'en 1925, l'Angleterre a délivré beaucoup moins de brevets que n'en ont délivré les Etats-Unis et l'Allemagne. On trouve que le domaine de l'électricité peut en revendiquer 21 pour 100 pour l'Angleterre, 10,8 pour 100 pour l'Allemagne et seulement 9,8 pour 100 pour les Etats-Unis.

Cela tendrait dans une certaine mesure à compenser, au bénéfice des industries électriques anglaises, le nombre total beaucoup moins élevé des inventions. Malheureusement, 59 pour 100 des brevets anglais d'électricité sont d'origine étrangère, et très peu de brevets anglais d'électricité sont déposés en Amérique et en Allemagne.

Ces indications tendent à prouver, et les événements ont démontré sur plus d'un point, la justesse des avertissements donnés par M. Frank Gill dans une circonstance analogue à celle qui a porté le Dr W. H. Eccles à la présidence de l'Institution of Electrical Engineers. Les ressources principales de la nation anglaise étaient considérées, par le Président de la Royal Society, comme représentées surtout par les cerveaux et le charbon. Il semble que, d'un côté comme de l'autre, l'efficacité de ces ressources se soit peu démontrée au cours de l'exercice annuel dont M. le Dr W. H. Eccles examine les résultats.

Si on étudie l'œuvre intensive et l'organisation réalisées pour les recherches en Amérique et en Allemagne, on trouve que le remède à la crise actuelle coûte beaucoup d'argent et peut faire hésiter ceux qui l'envisagent. Ou bien on peut faire ces larges dépenses pour les recherches et l'instruction, ou bien on doit y renoncer, mais l'opinion du Dr Eccles est qu'il y a un intérêt national très net à faire les frais nécessaires pour satisfaire en Angleterre à tous les besoins de l'industrie.

En organisant les recherches de toute nature, on ne doit pas avoir en vue du travail pour les archives de telle ou telle association, mais bien pour la grande prospérité des industries qui sont intimement liées au progrès des sciences et à l'activité des recherches.

VII. — Une thèse officielle française.

Il semble qu'une opinion contraire ait été exprimée en France dans une circonstance récente, avec une importance encore soulignée par le Ministre du Commerce, M. Bokanowski, parlant après M. Raymond Berr, le 21 décembre, à une séance mémorable, en l'hôtel de la Société des Ingénieurs Civils de France. En effet, l'extrait suivant du discours de ce Ministre, indique quelles ont été les premières constatations qu'il a pu faire dans ses services au ministère : « Ce qu'il peut être gaspillé d'ef-« forts isolés dans tous les domaines où j'ai depuis quel-« ques mois la possibilité de pénétrer, c'est quelque

Digitized by Google

« chose d'inimaginable. En voyant les choses d'un peu « haut, on constate combien d'efforts sont gaspillés par « ces laboratoires multiples, par ces états-majors innombrables, par ces frais généraux qui sont multipliés à « l'infini par suite d'une mauvaise organisation, alors « qu'une concentration aurait permis de réduire les uns « et les autres à des proportions infimes.

« Je crois qu'il n'est plus possible, dans un état industriel international comme celui où nous nous trouvons, « de lutter à petits efforts émiettés sur la surface territoriale, alors que vous avez en face de vous ces immenses concentrations de la nature de celles dont vous « nous avez parlé ce soir. »

Autres constatations encore de notre actuel Ministre du Commerce : « Quand des industriels viennent à mon cabinet, — et ils n'y viennent pas assez souvent, pour mon « enseignement et pour mon plaisir — se plaindre de « quelque chose qui ne va pas, ils ont une première impression, ils obéissent à la réaction toute naturelle de « tradition chez nous, qui consiste à aller trouver l'Etat « comme providence : « Prenez garde, leur dis-je, ne me « demandez pas d'intervenir, car le plus grand service « qu'un Ministre puisse rendre à l'industrie, c'est précisément de ne pas s'ingérer dans ses affaires. »

« Il faut que vous pensiez constamment à rénover vos « habitudes, et c'est bien le conseil que vous donniez « en terminant. Il paraît bien aujourd'hui, au rapide « voyage que vous nous avez fait faire dans les organisations industrielles chimiques des pays voisins, que « l'émiettement n'est plus possible pour les grandes industries ; c'est aussi vrai pour vos industries que pour « l'automobile et pour l'aviation.

« Il n'est plus possible de voir des efforts individuels, « admirables dans leur désir d'autonomie et d'indépendance, certes, mais voués à l'échec s'ils ne s'associent « pas ; il n'est plus permis d'envisager une lutte possible « ou le maintien des progrès accomplis contre les voisins, si les Français ne viennent pas au stade auquel « tous les pays à grande évolution industrielle sont venus, « c'est-à-dire à la concentration des efforts, à la mise en « commun des moyens dont on peut disposer. »

« Je crois que si on voulait résumer tout cela en un « mot, a dit M. Bokanowski en terminant son allocution « aux Ingénieurs Civils... Il faudrait demander que les « Français qui ont pris, dans les si dures années que nous « avons traversées, l'habitude de sacrifier la petite industrie individuelle à une grande concentration nationale, « ne se défassent pas de cette habitude prise dans les « années difficiles aussi de guerre économique, ou plutôt « d'évolution économique, que nous allons être obligés « de mener. »

Az.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 28 mars 1927.

Sur la possibilité de modifier à volonté le signe électrique des colloïdes, par M. A. Boutaric et Mlle G. Perreau.

Nous avons signalé (1) l'existence de deux zones dans la floculation des solutions colloïdales par les électrolytes dont l'un des ions est polyvalent. La floculation s'observe pour des concentrations de l'électrolyte comprises entre deux limites a et b ($b > a$) et pour celles supérieures à une troisième limite c ($c > b$). Aucune floculation n'a lieu pour les concentrations de l'électrolyte inférieures à a ou comprises entre b et c. Le phénomène se produit avec des électrolytes à cation polyvalent dans les sols à granules négatifs et avec les électrolytes à anion polyvalent dans les sols à granules positifs.

1. Nous avons étudié systématiquement l'influence qu'exerce l'addition de quantités croissantes de l'électrolyte sur la vitesse de transport électrique des granules. La méthode consiste à mesurer simultanément, dans un même circuit, la vitesse de transport v pour le colloïde dilué dans un égal volume de solution électrolytique et la vitesse v_0 pour le colloïde dilué dans un égal volume d'eau. Lorsque la concentration en électrolyte augmente de 0 à a, le quotient $\frac{v}{v_0}$ diminue de 1 à 0. Lorsque la concentration en électrolyte est comprise entre b et c, la vitesse v change de sens; la valeur absolue du quotient $\frac{v}{v_0}$ part de zéro pour des concentrations égales à b, passe par un maximum inférieur à 1, puis décroît et s'annule pour une concentration égale à c.

2. Ainsi, en traitant un colloïde positif par un électrolyte à anion polyvalent sous une concentration comprise entre b et c et correspondant à la région de non-floculation, on obtient un colloïde négatif. De même, en traitant un colloïde négatif par un électrolyte à cation polyvalent sous une concentration comprise entre b' et c' et correspondant à la région de non-floculation, on obtient un colloïde positif. On peut donc modifier à volonté le signe électrique d'un colloïde. On peut même le modifier successivement un grand nombre de fois et, à partir d'un même sol initial, obtenir une série de colloïdes alternativement positifs et négatifs.

Soit A un sol d'hydrate ferrique positif contenant 1,75 g de Fe^2O^3 par litre. En le diluant avec un volume égal d'une solution de phosphate de soude de concentration 8.10^{-3} N (cette concentration correspond à la région de non-floculation comprise entre b et c), on obtient un sol B à granules négatifs. Le sol négatif B présente deux zones de floculation avec les sels à cation polyvalent, notamment avec le chlorure d'aluminium. En diluant le sol B avec un volume égal d'une solution de chlorure d'aluminium de concentration $7{,}6.10^{-3}$ N (cette concentration correspond à la région de non-floculation comprise entre b' et c'), on obtient un sol A_1 à granules à nouveau positifs. Ce sol positif A_1 présente deux zones de floculation avec le phosphate de soude. En diluant le sol A_1 avec un volume égal d'une solution de phosphate de soude de concentration 36.10^{-3} N, on obtient un sol B_1 à granules négatifs. Dilué à son tour dans un volume égal d'une solution de chlorure d'aluminium de concentration 55.10^{-3} N, le sol B_1 fournit un nouveau sol positif A_2 et ainsi de suite.

(1) A. Boutaric et Mlle G. Perreau, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 205. — A. Boutaric et Mlle L. Dupin, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 326.

Digitized by Google

Soit B une suspension négative de gomme-gutte contenant 1,336 g de gomme-gutte par litre. En la diluant avec un volume égal d'une solution de chlorure d'aluminium de concentration 5.10^{-4}N (cette concentration correspond à la région de non-floculation comprise entre b' et c'), on obtient une suspension A à granules positifs. La suspension positive A présente deux zones de floculation avec les sels à anion polyvalent, notamment avec le citrate de soude. En diluant la suspension A avec un volume égal d'une solution de citrate de soude de concentration 50.10^{-4}N (cette concentration correspond à la région de non-floculation comprise entre b et c), on obtient une suspension B_1 à granules à nouveau négatifs. Diluée à son tour dans un volume égal d'une solution de chlorure d'aluminium de concentration 4.10^{-4}N, on obtient une suspension positive A_1 et ainsi de suite.

3. Cette possibilité, pour ainsi dire indéfinie, de modifier à volonté le signe d'un colloïde sous une influence ne faisant intervenir que des énergies extrêmement faibles nous paraît mériter de retenir l'attention. Il est extrêmement curieux qu'il suffise d'une très faible quantité d'un sel pour changer le signe électrique des granules, ce qui entraîne des modifications profondes dans les propriétés d'un colloïde et notamment lui permet de floculer lorsqu'on le met en présence d'un autre colloïde dont il avait primitivement le signe et avec lequel il pouvait se mélanger sans qu'aucune floculation se produisît. Il ne paraît pas invraisemblable que le changement de signe des colloïdes sous l'influence de sels à ion polyvalent puisse jouer un rôle dans les êtres vivants et permette de comprendre la production de floculations accidentelles entre colloïdes qui, ayant habituellement le même signe, peuvent se mélanger sans produire de floculation.

Séance du 4 avril 1927.

Sur la répartition des courants de Foucault dans un disque métallique soumis à l'action du pôle inducteur de section circulaire, mais excentré par rapport au disque, par M. Barbillion.

Tous les traités classiques d'Électrotechnique comportent l'étude du développement des courants de Foucault dans un disque métallique soumis à l'action inductive d'un tel pôle, mais celui-ci étant centré sur le disque. Dans ce qui suit, nous étudierons le mécanisme du développement des courants de Foucault dans un tel disque, lorsque le pôle inducteur est excentré par rapport à ce disque.

Soient R le rayon du disque ; R′ celui de la section du pôle ; a la distance des deux centres. Les courants de Foucault se développeront, par raison de symétrie et suivant l'*hypothèse la plus simple, qui doit donc d'abord être retenue*, suivant des anneaux de centres situés sur la ligne des centres du disque et du petit cercle. Cependant, comme les segments interceptés entre les deux circonférences de rayons R et R′ seront différents suivant l'orientation α du rayon vecteur tournant autour du centre de l'un de ces cercles, les maximum et minimum des segments interceptés se trouvant sur la ligne des centres, tout se passera comme si les courants de Foucault élémentaires se développaient dans des anneaux circulaires, mais d'épaisseur $d\rho$ variable, cette épaisseur variant d'un minimum $d\rho_1$ (position la plus rapprochée des deux cercles) à un maximum $d\rho_2$ (position la plus écartée des deux cercles), sa valeur moyenne étant $(d\rho)_{moy} = \frac{d\rho_1 + d\rho_2}{2}$.

Un cercle courant coupera la droite des centres en deux points, les segments interceptés par rapport au petit cercle (ou par rapport au grand) étant dans le même rapport λ (ou $1-\lambda$) par rapport aux segments totaux $(R - R_1 - a)$ et $(R + a - R_1)$.

Sous le bénéfice de ces hypothèses, le problème sera résolu sous la forme ci-après :

Cercle de rayon variable.

$$[x - a(1-\lambda)]^2 + y^2 = [R_1 + \lambda(R - R_1)]^2 = \rho^2.$$

Courant induit dans un anneau de largeur variable,

$$I = \frac{\Omega \Phi_0 \sin \Omega t}{2\pi\rho} \Gamma\varepsilon (d\rho)_{moy}$$

(Γ, inductance ; ε, épaisseur du disque ; Φ_0, valeur maximum du flux émis par le pôle) avec

$$d\rho = \frac{(d\rho)_{moy}}{\pi}\left[\frac{R - a - R_1}{R - R_1}\right]\left[(\pi - \alpha) + \alpha\frac{R + a - R_1}{R - a - R_1}\right].$$

Résistance de l'anneau.

$$(R) = \frac{(2\rho)_{moy}}{\Gamma\varepsilon}\frac{1}{(d\rho)_{moy}}\frac{\pi(R - R_1)}{2a}\operatorname{Log}\left(\frac{R + a - R_1}{R - a - R_1}\right).$$

Quand a tend vers zéro (cercles concentriques), on retombe sur la formule classique

$$(R') = \frac{(2\rho)_{moy}}{\Gamma\varepsilon}\frac{1}{(d\rho)_{moy}}.$$

Pertes par courants de Foucault dans la partie du disque, extérieure à la protection du pôle.

$$P_J = \frac{\Phi_0^2}{2}\frac{\Gamma\varepsilon}{2\pi M}\operatorname{Log}\left(\frac{R}{R_1}\right) \quad \text{avec} \quad \frac{1}{M} = \frac{R - R_1}{2a}\operatorname{Log}\frac{R + a - R_1}{R - a - R_1}$$

(pour $a = 0$, $M = 1$)

et l'on retrouve l'expression classique

$$P_J = \frac{\Phi_0^2}{2}\frac{\Gamma\varepsilon}{2\pi}\operatorname{Log}\frac{R}{R_1}.$$

Radioqualitomètre à lecture directe et continue, par M. Iser Solomon.

Dans les applications thérapeutiques des rayons X, la connaissance aussi précise que possible de la quantité du rayonnement (dose) et de la qualité du rayonnement définie par son taux de transmission est indispensable pour la bonne conduite de l'irradiation.

Mais, tandis que l'évaluation de la dose peut être effectuée actuellement aisément avec un ionomètre convenablement construit, il n'en est plus de même pour l'évaluation pratique de la qualité du rayonnement. La mesure de la qualité du rayonnement n'est effectuée actuellement, avec une précision suffisante, qu'avant ou après l'irradiation ; pendant la durée de l'irradiation on se contente d'une mesure indirecte déduite de la valeur approchée de la tension aux bornes de l'ampoule.

Le scléromètre de M. Villard, imaginé par son auteur il y a 20 ans, constituait en principe un excellent radioqualitomètre à lecture directe et continue. Mais des difficultés de construction ont empêché la diffusion de cet appareil. Considérant qu'actuellement seul un appareil basé sur une mesure d'absorption est susceptible de constituer un radioqualitomètre à lecture directe et continue et nous inspirant des principes de l'appareil de Villard, nous avons mis au point un qualitomètre dont voici, d'une façon succincte, la description : deux chambres d'ionisation contiguës ont leur armature commune reliée au pôle négatif d'une source à potentiel constant, les deux autres armatures étant reliées respectivement aux grilles extérieures de deux lampes bigrilles. Les variations du courant de plaque sont enregistrées par deux microampèremètres.

Chaque microampèremètre mesure l'intensité du courant

Digitized by Google

d'ionisation dans la chambre à laquelle il est relié. Dans une des chambres d'ionisation l'absorption est négligeable, dans l'autre elle est importante grâce à l'interposition d'un écran de cuivre de 0,5 mm d'épaisseur. Le rapport de deux courants d'ionisation constitue le taux de transmission du rayonnement utilisé. Pour mesurer directement le taux de transmission, nous avons utilisé le montage employé par M. Ferrié dans son fréquencemètre bien connu.

Le lieu géométrique du point de croisement des deux aiguilles est une courbe qui correspond précisément au taux de transmission cherché. Il suffit d'étalonner l'appareil en taux de transmission pour une épaisseur d'écran absorbant donnée, ou en coefficient d'absorption, pour lire à chaque instant sur la courbe de croisement la qualité du rayonnement utilisé.

Au lieu d'un appareil à double aiguille, nous avons utilisé également un logomètre Carpentier, mais dans ce cas on doit augmenter les dimensions des chambres d'ionisation, la sensibilité de l'appareil que nous avons utilisé étant de l'ordre du milliampère.

Séance du 11 avril 1927.

Remarque au sujet des émissions hertziennes dirigées, par M. André Blondel (1).

Dans une Note précédente (2) j'ai montré comment on peut exciter alternativement ou simultanément par un inducteur oscillant deux rideaux d'antennes donnant des émissions constamment opposées en phase. Ce dispositif est un cas particulier du système à double rideau d'antennes déjà décrit antérieurement (3), et il offre le double avantage d'une réalisation plus facile du double rideau et d'une modification continue de l'induction alternative sur chaque rideau, si l'on supprime toute coupure dans les circuits. Alors, dans un certain angle de chaque côté du plan bissecteur, l'annulation de la réception se produit deux fois par tour du variomètre tournant à des intervalles plus ou moins inégaux (égaux dans le plan bissecteur).

Si l'on donne à l'angle formé entre les plans normaux aux deux rideaux une valeur égale à la moitié de celle de l'angle compris entre les plans tangents à la courbe en huit de chaque rideau (4), l'angle total dans lequel à grande distance on percevrait deux annulations par tour du variomètre a la même valeur, si l'induction du variomètre pouvait devenir nulle par rapport à l'un des rideaux et si ces derniers n'avaient pas d'induction mutuelle. Mais ces deux conditions n'étant pas remplies par suite du faible écartement qui doit exister entre les côtés horizontaux des deux rideaux, l'angle dans lequel il peut y avoir annulation franche de la réception se trouvera beaucoup réduit, et les annulations seront remplacées par des affaiblissements jusqu'aux plans tangents aux courbes en huit; dans ces derniers, il y a naturellement annulation franche une fois par tour de l'inducteur, et entre deux annulations se produit un seul maximum.

Si, au lieu de rideaux d'antennes à éléments multiples, on emploie deux simples cadres à deux antennes décalées en phase d'une demi-onde, et espacés d'une demi-onde (type que j'ai défini en 1902) à trois quarts d'onde, et qu'on dispose encore les plans de ces deux cadres de façon qu'ils se coupent suivant la verticale médiane commune aux cadres, on pourra exciter les deux cadres par un variomètre à deux bobines fixes décalées de 90° (comme dans le radiogoniomètre bien connu de Bellini-Tosi) qui permettra de faire varier entre un maximum et un zéro franc l'excitation alternative de chaque cadre, quel que soit l'angle formé entre ceux-ci.

Les dispositifs décrits dans cette Note ne comportent aucune variation périodique de phases des courants excitateurs, mais seulement des variations périodiques des intensités relatives de ces courants; tout décalage de phase, donnant naissance à un champ tournant, rendrait impossible une annulation de ce champ.

(1) Séance du 4 avril 1927.

(2) *Comptes rendus*, 184, 1926, p. 561.

(3) Cf. A. Blondel. *Perfectionnements à l'émission des ondes courtes et à leurs applications pour la navigation* (Brevet belge du 4 juillet 1925).

(4) Par exemple, on peut adopter deux rideaux de six éléments verticaux espacés d'une demi-longueur d'onde en émettant des ondes de même phase; les tangentes à la courbe en huit font entre elles un angle d'environ 30°; on choisira donc un angle de 15° au maximum entre les plans des deux rideaux. L'ouverture totale entre les tangentes externes des deux huit ne dépassera pas 45°.

Séance du 20 avril 1927.

Pas de communications présentant un caractère électrique.

Séance du 25 avril 1927.

Sur la période propre des régulateurs directs, par M. Louis Barbillion.

Dans un régulateur direct supposé sans inertie et donc parfaitement sensible, si l'on désigne par h la distance du manchon à un plan horizontal inférieur de définition, par E_i l'écart relatif de vitesses entre la marche en charge ω_0 et la marche à vide ω_v, par ω la vitesse instantanée, $z = \frac{\omega - \omega_0}{\omega_0}$ et h seront représentés en fonction du temps par des courbes dont les ordonnées sont approximativement proportionnelles. On aura donc :

$$(1) \qquad \boxed{h = Az = AE_i\left[1 - e^{-\frac{t}{2\mathfrak{G}E_i}}\right]}$$

A étant un facteur de proportionnalité, et $\mathfrak{G}$ étant le quotient de la force vive du groupe, par la puissance maximum de celui-ci.

D'autre part, le régulateur possède, comme tous les systèmes oscillants, une période propre T_R. MM. Boucherot et Mougin ont montré que dans les oscillations de ce régulateur, tout se passait comme si, dans sa position effective, définie par $(h + x)$, à chaque instant le manchon était sollicité de revenir vers sa position idéale h (celle correspondant à un régulateur parfait qui n'aurait pas d'oscillations propres), par une force ax proportionnelle à la distance x.

En désignant par A l'amortissement du régulateur, par m sa masse, et Γ étant une constante à déterminer, le mouvement propre du régulateur est caractérisé par l'équation

$$(2) \qquad \boxed{x = \Gamma e^{-\frac{A}{2m}t}\frac{1}{2\mathfrak{G}E_i}\sin\beta t}$$

avec

$$\beta = \frac{2\pi}{T_R} = \sqrt{4am - A^2} \qquad \text{et} \qquad \frac{A}{2m} = \frac{2\pi}{\sqrt{5}}\frac{1}{T_R}$$

et en supposant enfin, valeur fréquemment rencontrée,

$$A = \frac{1}{5}A_c,$$

A_c amortissement critique.

L'ordonnée du mouvement résultant est la somme algé-

Digitized by Google

brique des deux précédents, une fois fixées les constantes de départ par les relations

$$h + x = 0, \quad \frac{d}{dt}(h + x) = 0 \quad \text{pour} \quad t = 0,$$

$$(5) \quad \boxed{\frac{h+x}{A} = E_i\left(1 - e^{-\frac{t}{2\mathfrak{T}E_i}}\right) - \frac{1}{2\mathfrak{T}E_i}\frac{-T_R}{2\pi}\sin\beta t\, e^{-\frac{A}{2m}t}.}$$

Pour que, au cours de son passage de la vitesse de pleine charge à la vitesse à vide, le régulateur ne dépasse pas cette dernière limite, il faut, tous calculs effectués, que l'inégalité ci-après soit vérifiée :

$$(4) \quad \boxed{\left[-e^{-\frac{t}{2\mathfrak{T}E_i}} - e^{-\frac{A}{2m}t}\frac{T_R}{2\pi}\sin\frac{2\pi t}{T_R}\right] < 0.}$$

Cette condition équivaut, en dernière analyse, à la suivante :

$$(5) \quad \boxed{T_R < 3{,}70\ (2\mathfrak{T}E_i).}$$

Dans un Mémoire publié en 1913 dans la *Revue de l'Industrie minérale*, M. Chipart, analysant les travaux de M. Lecornu sur la matière, a montré que la condition de stabilité du régulateur direct, indiquée par ce savant, pouvait se mettre sous la forme ci-après :

$$(6) \quad \boxed{T_R < 4{,}48\ (2\mathfrak{T}E_i).}$$

A titre d'application, si l'on suppose, valeur fréquemment rencontrée, que $\mathfrak{T}$ soit égal à 10 et que E soit égal à 5, il en résulte que la période propre du régulateur doit ici être inférieure à 3,70 secondes. Cette valeur, obtenue ainsi par un calcul très simple, se rapproche de celle indiquée par MM. Lecornu et Chipart. Elle corrobore généralement cette constatation qu'il y a intérêt, dans l'emploi des régulateurs directs, à ne pas leur laisser détenir des périodes propres supérieures à deux ou trois secondes.

REVUE DE LA PRESSE

ÉCLAIRAGE

Lampe à mercure de petites dimensions et de grande brillance. (*Bulletin de la Société française de physique*, 18 mars 1927.) — M. Dunoyer a cherché à établir un arc au mercure dans le vide, de très petites dimensions peu coûteux, bien appropriée à l'éclairage des fentes et par conséquent de forme allongée et de grande balance.

M. Colton a montré dans une récente communication que l'on peut obtenir de très grandes brillances en utilisant la tache cathodique d'un arc très poussé dans une lampe en quartz. Dans la lampe qu'a étudiée M. Dunoyer on utilise au contraire la colonne positive, plus commode pour l'éclairage d'une fente. Les brillances qu'on peut ainsi obtenir sont moindres mais beaucoup plus considérables que celles qui ont été réalisées qusqu'à présent dans les lampes en verre. L'auteur a montré qu'en employant un verre (borosilicate) convenable, on pouvait facilement obtenir des brillances de 200 bougies par cm² sur l'axe de la colonne lumineuse, longue d'une trentaine de millimètres, alors que la brillance de la lampe Cooper Hewitt est seulement de 2 à 3 bougies par cm².

L'étude photométrique de cette lampe a été faite de la manière suivante. D'une part, on a mesuré l'intensité globale de la lumière qu'elle fournit en la comparant à une lampe à filament de tunsgtène à atmosphère gazeuse, elle-même comparée ensuite à une lampe étalon à filament de carbone; on a en même temps photographié la lampe en se plaçant pour chacun des régimes auxquels elle était soumise dans les mêmes conditions, ce qui a permis de mesurer les dimensions apparentes de la source. On en a déduit la brillance moyenne. D'autre part, on a mesuré sur chacune des images de la lampe, au moyen du microphotomètre Fabry et Buisson, la densité de l'image. Une autre série de photographies, en régime constant, a permis de déterminer la loi du noircissement photographique de la plaque employée. Ces deux séries de mesures microphotométriques font donc connaître la brillance axiale en fonction de la brillance de l'une des images, par exemple de celle qui correspond au plus faible régime. On a admis que, pour ce régime, la brillance de la colonne positive était uniforme (ce qui conduit certainement à des brillances axiales trop faibles); celle-ci était d'ailleurs connue par la première série de mesures photométriques directes. On peut donc finalement connaître la variation de la brillance axiale en fonction du régime de la lampe.

Quelques mesures dues à l'obligeance de M. Chalonge et effectuées avec son microphotomètre enregistreur, semblent indiquer que l'écart de brillance entre la tache cathodique et la colonne positive diminue quand l'énergie dépensée dans la lampe augmente. L'avantage résultant de l'utilisation de cette tache, de préférence à la colonne positive, irait donc en diminuant. De plus, il semble qu'à régime égal la pureté de la lumière émise par la colonne positive soit notablement plus grande. Alors qu'il est impossible avec les lampes en quartz du commerce sous régime poussé d'obtenir des interférences même avec de très faibles différences de marche on montre en séance que la nouvelle lampe permet encore d'obtenir de bons anneaux à l'infini avec des différences de marche de plus de 30 000 et des brillances de 200 bougies par cm². Ce résultat serait dû en partie, d'après l'auteur, à ce qu'il a conservé dans sa lampe une petite chambre de condensation empêchant une trop grande élévation de la densité de la vapeur de mercure. A. B.

MESURES ÉLECTRIQUES

Mesure des fréquences utilisées en T. S. F. — Le nombre croissant des postes puissants de transmission de T. S. F. ne permet un trafic, dans des conditions convenables, qu'en utilisant, à la réception, des appareils très sélectifs, c'est-à-dire ne permettant que la réception d'une fréquence bien déterminée. En réalité, il n'y a pas d'appareils sélectifs parfaits et les appareils permettent non la réception d'une fréquence unique, mais celle d'une bande de fréquences. Il est donc nécessaire qu'un certain écart existe entre les longueurs d'onde attribuées à différents postes pour éviter les brouillages. On conçoit combien il est nécessaire qu'un poste se maintienne aussi exactement que possible à la fréquence qui lui a été attribuée.

M. Jouaust (*Bulletin de la Société d'Encouragement à l'Industrie nationale*. Juillet-août-septembre 1926), résume les méthodes actuellement utilisées pour la mesure de ces fréquences.

1. L'appareil, imaginé par MM. Abraham et E. Bloch et connu sous le nom de multivibrateur, fournit une base précise de fréquence.

MM. Abraham et Bloch ont eu l'idée de réaliser une sorte de poste à lampes donnant non plus du courant de haute fréquence, mais du courant de fréquence musicale. En agissant sur les organes de ce poste, on peut amener le son qu'il produit à être à l'unisson d'un diapason soigneusement étalonné. On connait donc exactement la fréquence de l'oscillation fondamentale de ce poste à lampes. Mais il a été construit de

Digitized by Google

telle sorte qu'à cette fréquence fondamentale se superposent de nombreux harmoniques dont, par suite, la fréquence est parfaitement connue.

Les premiers de ces harmoniques sont encore de fréquence musicale, mais les harmoniques de rang élevé atteignent les fréquences de la radiotélégraphie. Si donc on connaît le rang de l'harmonique (et une technique spéciale a été imaginée pour les compter facilement), cet harmonique nous fournit une source de courant de haute fréquence, de longueur d'onde parfaitement connue et qui eût servi à étalonner un appareil de mesure de fréquence, un ondemètre.

2. Un ondemètre se compose essentiellement d'un circuit résonant inductance-capacité dans lequel on reçoit les oscillations électriques dont on veut mesurer la fréquence.

En faisant varier soit l'inductance, soit la capacité, on modifie la période propre de ce circuit récepteur. Le courant induit étant maximum lorsque la période propre du circuit est la même que celle des oscillations reçues. Il suffit de noter le moment où la transmission a son action maximum sur l'ondemètre pour connaître sa fréquence si l'ondemètre a été préalablement étalonné. Si, au contraire, le poste émetteur est constitué par un multivibrateur, on peut étalonner l'ondemètre.

Mais l'évaluation d'un maximum est chose difficile. Au contraire, il est très facile de s'assurer qu'une action est nulle. M. Armagnat a substitué une méthode de zéro à l'appréciation du maximum. On arrive ainsi à réaliser, à moins de 1/000, l'accord du circuit oscillant sur la fréquence à mesurer.

3. Pour comparer les étalonnements d'ondes faits dans divers pays, on a longtemps utilisé le procédé suivant :

A un instant donné, une émission appropriée était faite par un poste puissant et la fréquence de cette émission était mesurée en divers points. C'est ainsi, par exemple, qu'une fois par semaine une émission faite par le poste de Croix d'Hins est mesurée simultanément par les laboratoires de la Radiotélégraphie militaire à Paris et par ceux de la Marine américaine, près de Washington. L'accord entre les deux mesures est généralement de l'ordre du millième.

Un procédé plus commode pour ces comparaisons a été imaginé par le physicien américan Cady :

Si sur les deux faces d'une lame de quartz convenablement taillée par rapport à ses axes cristallographiques, on place des armatures et si on applique une différence de potentiel entre les deux armatures, la lame de quartz s'allonge ou se contracte perpendiculairement aux armatures, suivant le sens de la différence de potentiel appliquée : c'est le phénomène de la piézoélectricité, découvert par P. et J. Curie.

Si la différence de potentiel est alternative, la lame de quartz vibre. Mais la verge ainsi constituée par la lame de quartz a une fréquence propre. Lorsque les vibrations forcées que lui communique l'action piézoélectrique ont la même fréquence que les vibrations propres, les déformations mécaniques s'amplifient et, pour se produire, soutirent au circuit excitateur une puissance assez notable. Si, par exemple, le condensateur constitué par la lame de quartz fait partie d'un circuit oscillant, on constate une augmentation brusque de la résistance de ce circuit au moment où la fréquence des oscillations correspond à la période propre du quartz. Il est donc très facile de noter, pour un circuit oscillant de fréquence variable, le moment où il est accordé sur la fréquence propre du résonateur piézoélectrique, qui constitue ainsi une sorte de diapason électrique. En faisant varier les dimensions de la lame de quartz, dimensions qui sont de l'ordre de quelques centimètres, on peut construire des résonateurs piézoélectriques pour diverses fréquences et les transporter facilement d'un laboratoire dans un autre. Bref, on peut faire jouer au quartz piézoélectrique, au point de vue des fréquences des courants électriques, le rôle que joue le diapason vis-à-vis des vibrations sonores. A. B.

QUESTIONS THÉORIQUES

L'instabilité des aciers au nickel. (*Archives des Sciences Physiques et naturelles de Genève*, janvier-février, 1927.) — M. Ch. Ed. Guillaume a exposé récemment les recherches qui l'on conduit à réduire l'instabilité des aciers au nickel du type invar, à supprimer presque complètement les variations de longueur qui se produisent spontanément dans une barre maintenue à température invariable.

1. Lorsqu'une barre d'acier au nickel de la catégorie de l'invar revient de la température de la forge, elle s'allonge d'une façon continue à température constante; ce mouvement, de plus en plus faible, a pu être suivi pendant de longues années. L'allongement s'effectue suivant une exponentielle du temps; si l'on prend, en effet, comme abscisse le logarithme du temps, l'allongement est représenté par une ligne droite.

La vitesse du mouvement augmente rapidement avec la température, à tel point qu'après 100 heures à 100°, les variations sont à peine perceptibles. D'où un moyen très commode de caractériser l'instabilité d'un acier au nickel; il suffit de mesurer une barre à l'état initial, de la réchauffer (en une ou plusieurs fois) à 100°, et de mesurer sa variation. On peut prendre comme indice numérique d'instabilité, l'allongement en microns par mètre qu'éprouve la barre, pendant cette chauffe, qui l'amène à un état à peu près déterminé.

2. Les mesures faites sur des aciers au nickel ordinaires ont montré que l'indice d'instabilité est sensiblement proportionnel à la teneur en carbone. On peut affirmer, avec une très grande approximation, que l'instabilité des aciers au nickel est due entièrement à la présence du carbone.

Le quotient de l'indice d'instabilité maximum par changements progressifs (exprimé en microns par mètre) par la teneur en carbone (évaluée en dix-millièmes) est approximativement égal à 2,9.

C'est à la cémentite Fe^3C qu'il faut rapporter la cause principale de l'instabilité des aciers au nickel.

Si l'on admet que ce corps puisse subir, dans les aciers au nickel, des transformations lentes, provoquant des variations de volume de même signe que dans les aciers au carbone, une barre donnée d'acier au nickel devra éprouver à basse température, un allongement progressif de même origine que le phénomène observé dans les aciers ordinaires, où le refroidissement produit un allongement instantané qui se manifeste comme une atténuation de la dilatabilité.

On ne peut savoir d'avance quelle sera l'allure des transformations que l'on doit observer; mais l'hypothèse prendra une plus grande vraisemblance si l'on parvient, en empêchant, par une addition convenablement choisie la formation de cémentite dans les aciers au nickel, à obtenir des alliages stables.

3. Par addition de manganèse ou de cuivre, l'instabilité des ferro-nickels est diluée sans que le manganèse ou le cuivre exercent aucune action spécifique.

Le chrome possède une action spécifique qui tient à la combinaison Cr^4C qu'il forme avec le carbone présent dans l'alliage.

En somme, pour stabiliser les aciers au nickel, il faut empêcher la formation de cémentite, en combinant le carbone avec un corps ayant pour lui une plus forte affinité que le fer, tel que le chrome, le tungstène ou le vanadium.

M. Ch. Ed. Guillaume a opéré sur des coulées tenant environ 5 et 18 pour 100 de chrome. Ces dernières ont révélé une grande stabilité, malgré les teneurs en carbone, qui ont atteint 0,58 pour 100. Toutefois, les aciers en question se sont montrés légèrement grenus, tandis que les surfaces des aciers au nickel ordinaires prennent un admirable poli et permettent des tracés irréprochables.

4. On s'est efforcé, pour l'invar destiné à la construction des

Digitized by Google

étalons de précision, d'abaisser autant que possible la teneur en carbone; et la première épreuve à laquelle sont soumis les échantillons des coulées nouvelles est maintenant la détermination de leur indice d'instabilité. Il n'est pas rare que, dans les coulées d'invar non additionné, celui-ci soit abaissé jusqu'à 5μ, en même temps que la dilatabilité de l'alliage à l'état naturel est voisine du millionième ou lui est même inférieure.

Des essais ont été faits en vue d'obtenir des alliages stabilisés par l'addition d'un métal avide de carbone; toutefois, jusqu'à présent, ils se sont butés à la difficulté d'obtenir, dans ce cas, des alliages très peu carburés; le métal additionnel en apporte généralement avec lui, de telle sorte qu'en voulant annuler l'effet d'une très faible proportion de carbone, on en introduit une plus grande quantité.

Des méthodes particulières, mises en œuvre pour réaliser des fontes remplissant ces deux conditions, sont actuellement en cours.

Des résultats intéressants ont déjà été obtenus dans cette direction. Citons, à titre d'exemple, une coulée tenant 35,8 pour 100 de nickel, 0,04 de carbone et 0,46 de chrome, qui a donné comme indice d'instabilité 5μ,4 et comme quotient 0,9.

On utilise aujourd'hui, pour la mesure des bases géodésiques, des fils tendus, auxquels on cherche à conférer par avance une dilatabilité aussi faible que possible. Dans l'emploi de l'invar ordinaire, on amène en général la dilatabilité des fils à être compris entre $\pm 0{,}1.10^{-6}$; mais on pourrait faire un léger sacrifice sur la dilatation, si la stabilité était accrue dans une forte proportion.

Pour l'application dont il est question ici, il est important que l'alliage possède une limite élastique assez élevée, afin qu'il ne subisse pas de déformations permanentes dans le transport où les fils sont enroulés sur des tambours, et sur le terrain où ils sont rectifiés. Pour que cette condition soit remplie, il faut que l'alliage contienne un certain minimum de durcissants, qui lui impose certaines conditions difficilement conciliables : dilatation comprise entre $\pm 0{,}1.10^{-6}$, stabilité si possible parfaite et limite élastique assez élevée.

« Le programme technique, conclut M. Ch. Ed. Guillaume, est bien défini, et il est déjà résolu remarquablement. On arrivera, probablement dans un temps prochain, à des solutions encore plus voisines de la perfection. » A. B.

Emission positive obtenue au moyen de champs électriques intenses. (*Bulletin de la Société française de physique*, 18 mars 1927.) — Les phénomènes étudiés théoriquement et vérifiés par l'expérience permettent d'établir un parallèle entre les émissions cathodiques obtenues au moyen de pointes très fines et les émissions positives observées avec des anodes pointues recouvertes de sel. Grâce au champ électrique considérable qui règne au voisinage de la pointe, les électrons libres du métal ou les ions positifs du sel peuvent être arrachées en donnant des rayons cathodiques ou des rayons positifs.

Par des calculs approximatifs, M. Max Morand a déterminé les champs électriques nécessaires pour obtenir l'émission d'électrons : ces champs sont de l'ordre de quelques millions de volts par cm.

Pour les ions positifs d'un sel, on peut également calculer quel champ électrique serait nécessaire pour en provoquer l'arrachement. Il suffit de déterminer la grandeur des forces de rappel de l'ion, quand on l'éloigne du cristal. Ces forces étant électrostatiques, peuvent se calculer, en principe, sans aucune difficulté. Mais le calcul élémentaire que l'on imagine immédiatement serait trop long. Une formule, donnée autrefois par M. Appel, permet d'obtenir les résultats d'une manière précise et immédiate, car elle donne la grandeur des forces de rappel pour un plan indéfini contenant un réseau d'ions positifs et négatifs. On trouve ainsi que des champs électriques de l'ordre de 50 à 1000 millions de volts par cm sont nécessaires pour obtenir l'extraction d'ions positifs immobiles dans un cristal de chlorure de sodium. Mais cette extraction peut être facilitée dans de grandes proportions par l'agitation thermique des ions, obtenue en chauffant le sel, ou encore par le bombardement de la surface du sel au moyen de particules convenables. Dans ces deux cas, l'émission d'ions positifs doit devenir possible pour des champs sensiblement plus faibles, de l'ordre de 10 millions de volts par cm.

L'auteur indique comment il a pu réaliser un dispositif de pointe chauffée et recouverte de sel, pour lequel le calcul montre que le champ, au voisinage de la pointe, doit être de l'ordre de grandeur désiré, avec un potentiel de 50 000 volts environ. Dans ces conditions, on obtient en effet une émission positive plus ou moins abondante, qui paraît parfaitement pure et correspondre uniquement aux phénomènes d'arrachement précédemment décrits, quand le débit reste inférieur à un dixième de milliampère.

Une mesure directe du champ, au voisinage de la pointe, a pu être faite en utilisant l'effet Stark de la lumière émise au voisinage de celle-ci. L'effet Stark, mesuré sur la raie 4603 du lithium, a conduit à un champ voisin de 2 millions de volts par cm, ce qui semble confirmer la théorie du phénomène ainsi que son interprétation. Il est curieux de remarquer que l'ordre de grandeur des champs nécessaires pour obtenir l'émission cathodique ou l'émission positive est exactement le même.

L'auteur indique ensuite rapidement comment ces résultats expliquent et complètent les expériences faites par les auteurs précédents sur la production des rayons positifs et comment il semble permis d'en améliorer le rendement.

A. B.

ARC ÉLECTRIQUE

Sur la rotation d'un arc entre électrodes de charbon. (*Revue d'optique théorique et instrumentale*, février 1927.) — 1. M. Pautenier étudie un arc jaillissant entre deux électrodes de charbon constitués l'une par un crayon, l'autre par un anneau épais de même axe. Si l'on peut obtenir, par un procédé quelconque, une usure régulière du gros charbon en anneau, l'extrémité du charbon en crayon constitue une source lumineuse sensiblement immobile et le réglage de l'arc devient facile soit à la main, soit avec un dispositif automatique.

Pour obtenir une source lumineuse de grand éclat, il faut que le crayon soit anode et l'anneau cathode. D'autre part, pour user régulièrement l'anneau, on peut penser à faire tourner l'arc au moyen d'un champ magnétique. Ce champ peut même, comme dans l'arc Garbarini, être produit par un solénoïde parcouru par le courant d'alimentation de l'arc.

Mais l'expérience ainsi tentée ne réussit pas : l'arc ne tourne pas, si bien centré que soit le crayon de charbon par rapport à l'anneau. Quand on fait croître le champ magnétique, la tache négative portée par l'anneau refuse de tourner, jusqu'au moment où l'arc se coupe net.

Si on intervertit les pôles de manière que : le crayon devienne pôle négatif, et que l'anneau porte la tache brillante positive, dès qu'on applique un champ magnétique même faible, l'arc tourne rapidement. Mais l'éclat relativement faible du charbon négatif enlève à cette expérience son intérêt pratique.

2. Les deux essais précédents confirment certaines expériences classiques sur l'arc électrique.

Ils montrent qu'une des conditions de fonctionnement de l'arc au charbon réside dans l'existence d'une cathode incandescente qui émet les électrons. Dans la seconde expérience, où le crayon est cathode, la rotation de la tache anodique sur l'anneau ne compromet en rien l'émission électronique de la cathode. Dans la première expérience, au contraire, le

Digitized by Google

champ tend à entraîner l'extrémité négative du conducteur souple qui constitue l'arc vers des régions froides de l'anneau ; cette rotation se produit quand le champ magnétique devient assez fort ; mais l'arc est alors coupé faute de cathode incandescente.

5. Si on alimente le circuit des charbons et du solénoïde par du courant alternatif, dans les alternances où le crayon est pôle positif, l'arc ne tourne pas ; quand il est au contraire pôle négatif, l'arc tourne. Le mouvement saccadé de l'arc est en quelque sorte comparable à celui de l'aiguille d'une horloge. Quant au sens de rotation, il est imposé par les conditions de symétrie du montage ; on se rend compte que c'est celui d'un mobile qui parcourt le solénoïde en se rapprochant de l'anneau. Il faut naturellement que le champ produit par le solénoïde ne soit pas assez intense pour couper l'arc pendant les instants d'immobilité.

Voici, à titre de documentation, deux expériences qui ont été faites dans ces conditions ; les diamètres intérieur et extérieur de l'anneau étaient respectivement 14 mm et 60 mm, son épaisseur 20 mm. Le solénoïde avait environ une spire par centimètre. On alimentait l'arc avec du courant alternatif sous 150 v, avec une intensité de 9 ampères.

Avec du courant à 500 per : sec, sous la même tension et la même intensité, l'arc tend à tourner très vite et se coupe presque immédiatement. En shuntant le solénoïde par une faible résistance, on retrouve facilement un régime stable analogue au précédent.

L'éclat de la pointe est évidemment inférieur à celui du charbon de l'arc Garbarini, mais dans beaucoup de cas il pourrait être suffisant, d'autre part ce dispositif évite l'emploi d'une cathode refroidie. A. B.

ÉLECTROTHERMIE

Four à enroulement de molybdène pour la réalisation du corps noir au point de fusion du palladium. (*Bulletin de la Société française de physique*, 18 mars 1927.) — MM. Ribaud et Nikitine montrent la nécessité de réaliser une grande zone de température très uniforme dans tout four appelé à servir à des mesures sur le rayonnement du corps noir et discutent les conditions à remplir pour atteindre ce but.

Les fours à tube métallique, refroidis à leurs extrémités, ne fournissent pas une uniformité suffisante. Un fil métallique, bobiné sur un tube réfractaire ou à son intérieur, donne, si les spires sont uniformément serrées, une assez faible zone à température uniforme, la longueur de cette zone dépend d'ailleurs de la température réalisée. On accroît la longueur du palier en ajoutant à chaque extrémité du tube un enroulement supplémentaire, il est toutefois indispensable que leur position soit judicieusement choisie : si ces enroulements empiétaient sur la zone uniforme on créerait ainsi à chaque extrémité de cette zone une bosse dans la courbe de répartition des températures. Il importe que les enroulements supplémentaires arrivent exactement à la limite de cette zone ; ce fait montre en passant l'impossibilité de réaliser la correction pour deux températures notablement différentes. Les spires rapprochées du centre doivent être peu serrées, celles voisines des extrémités seront plus rapprochées ; une étude de la forme de la courbe de température obtenue sans enroulements supplémentaires permet de limiter les tâtonnements. Le courant principal et les deux courants auxiliaires sont réglés séparément.

Le four présenté en séance, destiné au laboratoire de pyrométrie de la fondation de Edmond Rothschild, est appelé à servir à l'étude du corps noir au point de fusion du palladium et l'uniformité y est étudiée spécialement pour cette température. Ce four comprend trois enroulements en fils de molybdène (diamètre 1 mm) bobinés sur des tubes d'alumine fondue (le tube central comporte une rainure à pas uniforme). L'ensemble des trois tubes est placé à l'intérieur d'un tube d'alumine fixé à ses extrémités à deux garnitures métalliques refroidies. On utilise comme calorifuge de l'alumine en poudre placée à l'intérieur d'un tube d'alumine fixé, à ses extrémités, à deux garnitures métalliques refroidies. On utilise comme calorifuge de l'alumine en poudre placée à l'intérieur d'une double enveloppe à circulation d'eau. L'une des flasques extrêmes peut se mouvoir de façon à permettre le libre jeu des dilatations. Les diverses cloisons réfractaires, en alumine, destinées à limiter le faisceau lumineux provenant de la partie centrale de l'enceinte sont disposées à la façon habituelle. L'intérieur du four est constamment parcouru par un courant d'azote commercial purifié ; des glaces placées aux extrémités permettent les visées, enfin des volets actionnés de l'extérieur recouvrent les glaces pendant toute la période où ne se font pas les observations. A. B.

DIVERS

Origines et production du tungstène. (*The Electrician*, 1er avril 1927.) — M. Colin G. Fink, de l'Université de Colombia, vient d'établir une statistique intéressante sur les origines et la production du tungstène.

Comme pour beaucoup d'autres matériaux, on nota, pendant la guerre, une surproduction de tungstène, qui fut suivie, après cet événement, d'une diminution considérable de demandes.

L'Amérique qui, en 1917, en fournissait 6000 t, n'en produisit plus que 150 en 1924. Si faibles que soient les besoins actuels comparés à ceux de 1917, on note cependant une légère recrudescence au cours des dernières années. En Nevada, qui possède de riches gisements, cette recrudescence est particulièrement marquée.

L'Allemagne en consomme une certaine quantité pour la fabrication des aciers spéciaux. Du côté producteur, la Chine qui vient en premier rang, assurant à elle seule environ la moitié des besoins mondiaux, ne fournit à peu près plus rien depuis la guerre civile qui la dévaste.

En 1924, elle exporta 3500 t de minerai, Burmah vient ensuite avec 1000 t, puis le Portugal avec 400 t, ces quantités sont très inférieures à celles de 1918. Certaines régions ont vu leur débit baisser considérablement, comme par exemple l'Amérique (Nord et Sud) qui de 10000 t en 1918 est passé à 200 t en 1924. Il est intéressant de rappeler que si les lampes à incandescence assurent un certain écoulement de tungstène, cette application serait insuffisante pour justifier à elle seule les chiffres de mouvement indiqués plus haut. Les débouchés métallurgiques de ce métal sont chaque jour plus nombreux et plus intéressants. J. M.

Importations Chinoises de matériel électrique (*The Electrical Review*, 29 avril 1927.) — Certaines régions de la Chine semblent bénéficier de l'emploi croissant d'énergie électrique que l'on y constate. Non seulement les industries touchant la traction et l'éclairage électriques prospérèrent pendant les 9 premiers mois de l'année 1926, mais on relève au cours de la même période, une activité commerciale très marquée pour les moteurs d'entraînement de machines de construction et de broyage de céréales. Les importations chinoises d'équipements électriques, y compris les fournitures générales, celles de matériel téléphonique et télégraphique, ainsi que pour les sous-stations montèrent de 17 pour 100 tandis que les importations de machines baissèrent de 2,5 pour 100.

Pendant la période Janvier-Septembre 1926, les importations atteignirent 9 044 502 taels, contre 7 751 728 pour la même période de l'année précédente. J. M.

L'Editeur-Gérant : A. LAHURE.

91 755. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris. — 1927

Digitized by Google

36e Année. — N° 841 10 Juillet 1927.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTEUR EN CHEF
ALFRED SOULIER
Le 2e vendredi de chaque mois de 15 h. à 16 h.

ABONNEMENTS
Paris et Départements : 30 francs par an.
Union postale : 40 francs par an.

ADMINISTRATION
9, rue de Fleurus, 9. — Paris (VIe)
TÉLÉPHONE :
Ségur 04-23 et Ségur 04-44.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction au Rédacteur en Chef, 9, rue de Fleurus.

MM. les Abonnés dont l'abonnement a expiré fin Juin, sont priés de bien vouloir adresser à M. LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris, en un chèque ou mandat-poste le renouvellement de leur abonnement.

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — La conférence internationale des grands réseaux à haute tension. — Électrification du réseau de la Compagnie des chemins de fer du Midi. — Transmission radiotéléphonique par rayons ultra-violets. — Une lampe d'émission de 100 kw-A. — La première ligne européenne de transmission d'énergie à 380 kv. — Communication Américaine sur les émanations radio-actives. — La réduction du nombre des stations d'émission radiophoniques Américaines. — Électrification des chemins de fer Japonais. — Une liaison radiotélégraphique Guatemala-Centre Amérique. — Interférences entre stations d'émission à grande longueur d'onde. — Électrification de chemins de fer en Autriche. — Statistique des stations centrales autrichiennes. — Les sous-stations placées à l'extrémité d'une ligne aérienne sont plus exposées aux surtensions que les autres. — L'usine hydroélectrique de Coghinas (Sardaigne). — Électrification de chemin de fer dans l'Afrique du Sud. — Comparaison entre les prix de revient de l'énergie électrique dans des usines thermiques et des usines hydrauliques. 289

LA MESURE DES PERTES DANS LES ISOLANTS DE CABLES. J. M. . . . 293

CONSTITUTION ET ALIMENTATION DES PHARES D'AUTOMOBILES. J. M. . 295

LES LAMPES VALVES A ANODE REFROIDIES PAR CIRCULATION LIQUIDE. J. M. 304

COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES. — Sur la détection par lampes, par M. P. **David**. — Décharge sans électrodes en ondes amorties et en ondes entretenues. Spectres continus du césium et du potassium, par M. **Georges Balasse**. — Sur l'énergie rayonnée par les réseaux électromagnétiques, par M. **R. Mesny**. — Sur un gyroscope alimenté en courant alternatif par ses axes de suspension, par M. **Armand de Gramont**. — Des conditions de la mort par le tétanos électrique chez les Poissons, par M. **Charles Richet**. — Sur le mécanisme de l'émission d'un rayonnement par les cellules de grande résistance électrique, par M. **G. Reboul**. . . . 305

REVUE DE LA PRESSE. — *Télégraphie* : Le nouveau câble télégraphique allemand des Açores. — *T. S. F.* : Filtre thermo-ionique pour l'alimentation des récepteurs par courant alternatif. — *Stations centrales* : Sous stations automatiques à Copenhague. — *Divers* : Le bilan des installations hydro-électriques italiennes. 310

INFORMATIONS

La conférence internationale des grands réseaux à haute tension. — La 4e conférence des grands réseaux électriques à haute tension, qui vient de se tenir à Paris du 23 juin au 2 juillet, a eu un succès sans précédent.

Organisée avec un soin tout particulier, prévue dans tous ses détails, elle s'est déroulée dans le calme qui sied aux discussions scientifiques et a été suivie avec une assiduité que l'on rencontre rarement même dans les grands congrès internationaux.

Les sujets traités avaient été divisés en trois sections :

1° *Matériel et exploitation des Stations centrales et des postes de transformation* ;

2° *Construction et isolation des lignes* ;

3° *Exploitation des réseaux*.

Plus de 75 rapports émanant d'ingénieurs distingués appartenant à toutes les nations avaient été imprimés et distribués à tous les membres avant la conférence. A chaque séance les auteurs de ces rapports se bornaient à les résumer pour en rappeler les points principaux et ils étaient aussitôt discutés. Etant donnée la multiplicité des pays, il avait été convenu que deux langues seulement seraient employées, l'anglais et le français. Immédiatement après l'exposé d'un rapport par son auteur ou des observations auxquelles il avait donné lieu dans une des deux langues précitées, un interprète qui se doublait d'un technicien remarquable, M. MAC-MAHON, traduisait la communication dans la langue dans laquelle elle n'avait pas été donnée. De cette façon tout le monde pouvait suivre la discussion et y prendre part.

Les travaux de la conférence occupèrent 14 séances représentant plus de 40 heures au cours desquelles d'importantes contributions au fonctionnement des grands réseaux furent apportées par des ingénieurs connus, dont certains appartenaient à des pays très lointains comme la Californie et le Japon. Mais ces travaux arides avaient été fort heureusement interrompus par des coupures agréables très habilement intercalées par les organisateurs. C'est ainsi que des réceptions, des visites d'usines, des excursions, et des soirées artistiques jetèrent une note gaie dans le programme de la conférence.

Digitized by Google

Il ne cessa du reste, de régner entre les membres de nations, dont certaines étaient cependant très éloignées les unes des autres, une franche cordialité et une atmosphère d'enthousiasme et de confiance réciproque qui fut la plus belle récompense que pouvaient souhaiter les organisateurs.

Il serait injuste de ne pas reconnaître que l'on devait surtout cette ambiance au Secrétaire général, M. Tribot Laspière, l'infatigable animateur de la Conférence et il faut bien le dire aussi son grand organisateur.

On ne se doute pas, en effet, du travail obscur et considérable qu'a pu nécessiter la centralisation, l'impression et l'organisation matérielle d'une telle conférence qui ne groupait pas moins de 600 ingénieurs représentant, on peut le dire, toutes les nations du globe terrestre.

Nous donnerons dans notre prochain numéro un résumé des travaux de la conférence et des résolutions qui furent prises au cours des séances mémorables qui viennent d'avoir lieu. A. S.

Électrification du réseau de la Compagnie des chemins de fer du Midi. — *Inauguration officielle de la traction électrique sur la ligne de Bordeaux à Hendaye.* — Poursuivant activement l'électrification de son réseau, la Compagnie des Chemins de fer du Midi vient d'inaugurer officiellement, le 19 juin, en présence du Ministre des Travaux Publics, la mise en exploitation de la traction électrique sur la grande ligne de Bordeaux à Hendaye.

Cette mise en service porte à 768 km la longueur des lignes électrifiées du réseau du Midi.

A l'occasion de l'inauguration de la traction électrique sur l'artère de Bordeaux à Hendaye, la Compagnie des Chemins de fer du Midi a établi un record en mettant en marche le train le plus rapide du monde. En effet, le train officiel a couvert la distance de Bayonne à Bordeaux, soit 198 km en 105 minutes, ce qui représente une vitesse commerciale de 115 km-h et une vitesse de pleine marche oscillant entre 120 et 130 km-h.

Le tonnage du train d'inauguration était de 420 tonnes, locomotive comprise. Cette machine du type 2.C.2 a une puissance de 2250 ch à la vitesse de 115 km:h et est entraînée par 3 moteurs doubles à axes verticaux attaquant les essieux moteurs correspondants par l'intermédiaire d'engrenages d'angle, d'arbres creux et d'accouplements élastiques.

Transmission radiotéléphonique par rayon ultra-violets. (*The Electrical Review*, 13 mai 1927.) — M. Majorana, professeur de Physique à l'Université de Bologne, aurait écrit à la Reale Accademia dei Lincei, à Rome, pour l'informer de la découverte par lui-même, d'un nouveau dispositif radiotéléphonique utilisant les rayons ultra-violets. Une liaison secrète et parfaitement nette aurait été réalisée par le professeur sur une distance de 16 km. J. M.

Une lampe d'émission de 100 kilowatts. (*The Electrical Review*, 13 mai 1927.) — Au cours des quelques dernières semaines, la station américaine d'émission à grande puissance de Schenectady (W. G. Y.) a travaillé avec une lampe à 3 électrodes d'une puissance de 100 kw, qui en remplaçait 8 de chacune 20 kw.

Avec sa cuve à eau, cette lampe mesure 2,30 m de hauteur, et pèse 500 kg, soit 500 gr par kw.

Elle travaille en amplificatrice, remplissant sur l'émetteur un rôle comparable à celui de lampe amplificatrice à haute fréquence sur les récepteurs. Sans cuve à eau, sa hauteur n'est plus que de 1.65 m, dont les 2/3 sont utilisées par l'enveloppe extérieure de cuivre d'un diamètre de 10 cm. Le tiers supérieur est en verre et reçoit les passages de connexion pour le filament et la grille.

L'ampoule de verre a 55 cm de longueur et 10 cm de diamètre; elle est soudée à l'anode cylindrique de cuivre, de façon à assurer une grande rigidité mécanique et un joint parfaitement étanche. Deux câbles de cuivre, susceptibles de supporter plusieurs centaines d'ampères sont reliés à des bâtonnets de tungstène connectés, d'autre part, aux extrémités du filament.

Celui-ci est constitué par 6 fils de tungstène de chacun 40 cm de longueur, tendus parallèlement à l'intérieur de la grille, et fixés à leur extrémité inférieure, par une suspension élastique. La grille intérieure de l'enveloppe de cuivre est cylindrique; sa longueur totale est de 2,25 m. Sa suspension est une très ingénieuse combinaison d'attaches de molybdène et de tungstène, assurant le maximum de rigidité mécanique avec le minimum de métal; un indicateur d'ionisation, constitué par une valve à 3 électrodes spéciale, d'apparence identique à une lampe de réception ordinaire, permet à tout instant le contrôle de la pression interne du tube. Cet indicateur est soudé sur la grosse lampe, et ses éléments (filaments, grille et plaque) sont reliés au tableau de contrôle de l'ensemble. Son fonctionnement est basé sur le fait que le degré d'ionisation de la lampe en débit, est en relation avec l'importance des chocs électroniques sur les gaz résiduels. J. M.

La première ligne européenne de transmission d'énergie à 380 kv. (*The Electrical Review*, 13 mai 1927.) — La première ligne européenne de transmission d'énergie électrique à 380 kv, a été récemment établie entre Neuenahr et Rheinau, par la Compagnie des usines électriques Rhenish-Westphalian, pour interconnecter ses stations centrales thermiques et hydrauliques. On compte actuellement 2 lignes d'une longueur de 200 km constituées chacune par 3 conducteurs de cuivre creux, de 42 mm de diamètre, portés par des pylônes de 36,75 m, espacés de 500 m. Les conducteurs ont une section droite équivalente de 400 mm², contre 1000 mm² par un câble plein; ils sont constitués par un grand nombre de fils plats, enroulés en 2 couches, sur un support intérieur. Celui-ci est formé d'une spirale plate de cuivre, enroulée sur tranche, en hélice, au moyen d'un mandrin, retiré après usinage. Les deux couches de fils plats sont bobinées en sens inverse sur la spirale intérieure; leur section droite individuelle étant trapézoïdale, les spires se maintiennent nécessairement dans leurs positions respectives. La rigidité résultante peut être accrue en augmentant l'épaisseur des fils de la couche intérieure, la couche extérieure, plus faible, n'ayant pour but que de maintenir l'ensemble. La pose proprement dite de ces lignes dut être effectuée selon une méthode appropriée, évitant les risques d'efforts susceptibles de déformer les câbles. Les pylônes durent être munis provisoirement de galets de roulement pour chaque câble. Un régulateur de tension mécanique spécialement construit fut utilisé pour cette pose. La fabrication des câbles creux de ce genre ne serait pas, paraît-il, difficile, si les matériaux employés sont de bonne qualité, et si les dimensions de la spirale intérieure et des couches de conducteurs sont judicieusement choisies. J. M.

Communication Américaine sur les émanations radioactives. (*The Electrical Review*, 13 mai 1927.) — Au cours d'une communication faite au Club de l'électricité, de Birmingham, M. J. B. Kramer, ingénieur de la General Electric Company, montra comment il est possible d'accroître, dans une faible proportion, l'énergie de certaines substances radioactives répandues en grande quantité dans certaines régions du globe. Pour ses premières expériences, M. Kramer utilisait du sable monazite des Indes, comme source de radiation; il réalisait des batteries en plaçant ce sable entre des plaques de carbone et de zinc; le sable conservait ses propriétés radio-actives pendant plusieurs années; mais il lui arrivait parfois de perdre ses qualités par suite de changements des conditions atmosphériques qui entraînaient alors une action électrolytique. D'autres matériaux et notamment le thorium furent

Digitized by Google

aussi essayés, et les diverses expériences de M. Kramer montrent que l'utilisation pratique de l'énergie emmagasinée dans les substances radio-actives minérales a fait un grand pas en avant. M. Kramer put influencer une petite balance électronique, ainsi qu'une pile électronique; la substance radioactive était placée sur une plaque de carbone, au-dessus de l'aiguille on disposait une plaque de zinc en ménageant une courbe d'air intermédiaire. La détermination de cette sorte d'entrefer est extrêmement importante dans la constitution d'une pile électronique; son influence est en contradiction avec la loi d'Ohm, en ce sens que la charge augmente en même temps que l'épaisseur de l'entrefer; il semble que l'on puisse expliquer les faits par la nécessité d'un certain volume d'air déterminé qui puisse fournir l'ionisation maximum. J. M.

La réduction du nombre des stations d'émission radiophoniques Américaines. (*The Electrical Review*, 29 avril 1927.) — Le Comité technique de la Commission Fédérale de radiodiffusion Américaine proposerait de réduire à 564 le nombre total des émetteurs radiophoniques des Etats-Unis, qui atteint actuellement 733. Il ne resterait alors que 64 postes d'état, et 300 postes locaux; les premiers travailleraient sur la bande de fréquences 550-1250 kilocycles (longueur d'ondes comprises entre 240 et 545 mètres) et les seconds sur la bande 1250-1500 kilocycles (240-200 mètres). Ce projet a reçu l'assentiment de notabilités techniques compétentes.

Électrification des chemins de fer Japonais. (*The Electrical Review*, 13 mars 1927.) — Les lignes de chemins de fer suburbains de Tokio s'étendent actuellement dans toutes les directions. La ligne de chemin de fer de Nanbu, qui va de Kawasaki, station située sur la ligne des chemins de fer gouvernementaux de Keihin, jusqu'à Noborido en coupant la ligne Tokio Yokoama, a été ouverte au trafic le 10 mars dernier. Cette ligne doit éventuellement relier les réseaux de Tamagawa et du Transit rapide Odawara. Ce dernier a dû être ouvert au public en avril dernier; il compte 80 km de voies qui s'étendent de Shinjuku (Tokio) à Odawara. La nouvelle ligne du réseau Seibu, qui joint Tako-no-Baba (du réseau gouvernemental Yamate), à Higashim-Urayama (du réseau gouvernemental Kokubunji), sera mise en service très prochainement.

La ligne Oi-Shibuya de la Compagnie des chemins de fer Meguro-Kamata, ainsi que certaines extensions du chemin de fer Ikegami, doivent être inaugurés sous peu.

L'inauguration de la Compagnie Nikko Mountaineering a eu lieu le 7 mars; cette Compagnie doit établir une ligne électrique entre Myowaga-Nara et Chugu Temple.

La Société I. G. R. a décidé d'étendre l'électrification de la ligne Hachioji-Kofu, au cours des 5 années à venir, en y consacrant une somme de 8 906 000 yens. 4 sous-stations seront établies entre Hachioji et Kofu. La traction aura lieu par courant continu sous 1500 v. Le tronçon Hachioji-Otsuki sera terminé dans l'exercice financier 1929-1930 et le tronçon Otskuki-Kofu, en 1931. J. M.

Une liaison radiotélégraphique Guatemala-Centre Amérique. (*The Electrical Review*, 13 mai 1927). — La Compagnie radiotélégraphique des tropiques (filiale de l'United Fruit Company, chargée du service radiotélégraphique de ses navires et de ses postes des Etats-Unis) a conclu un accord avec le Gouvernement de Guatemala pour assurer une liaison entre la station gouvernemrntale et le réseau de la United Fruit Company dans l'Amérique du Centre. Le poste de Tegueigalpa (Honduras) a été choisi comme organe de liaison avec les 5 autres Etats; celui de la Nouvelle-Orléans travaillera avec le reste du monde, et assurera la transmission des messages de presse à des prix inférieurs de 50 pour 100 aux conditions actuelles. Par un accord spécial avec e ministère, les messages d'intérêt général ne dépassant pas 500 mots adressés par la presse de la ville de Quatemala à celle de San Salvador, seront transmis sans taxe. J. M.

Interférences entre stations d'émission, à grande longueur d'onde. (*The Electrical Review*, 29 avril 1927.) — Le capitaine P. P. Eckersley, ingénieur en chef des Postes et Télégraphes d'Angleterre et M. Braillard, président Belge du Comité technique de l'Union internationale de Radiophonie, viennent de se livrer en commun à des essais de détermination de la bande de fréquence minimum qui doit rester inoccupée de part et d'autre de la fréquence d'oscillation des émetteurs radiophoniques à grande puissance et sur grande longueur d'onde, dans le but d'éviter les interférences possibles entre deux émissions de longueurs d'ondes voisines. Le Comité, qui doit se réunir en mai, à Genève, interprétera les résultats de ces expériences, qui tendent à montrer qu'un intervalle de 10 kilocycles entre stations de longueurs d'ondes voisines est aussi nécessaire pour les grandes longueurs d'ondes que pour les plus faibles. Néanmoins, cette marge serait encore insuffisante pour des émetteurs puissants situés à proximité les uns des autres. J. M.

Électrification de chemins de fer en Autriche. (*The Electrical Review*, 29 avril 1927.) — On rapporte de Vienne, que le nouveau Comité National étudie un projet d'électrification de chemins de fer, portant sur les nouvelles voies à créer, et sur la transformation des anciennes lignes de Vienne à Salzburg, Vienne à Graz, et de la ligne de Tauern. Ce projet a été élaboré par un certain nombre de grandes compagnies électriques, en association avec un groupement bancaire viennois.

La dépense totale envisagée serait de l'ordre de 510 millions schellings; la réalisation du projet permettrait une économie annuelle de 540 000 tonnes de charbon. J. M.

Statistique des stations centrales autrichiennes. (*Bulletin n° 3 de l'Association suisse des Electriciens.*) — A la fin de 1926, il y avait en Autriche 371 entreprises de distribution d'électricité possédant des usines génératrices d'une puissance supérieure à 20 kw. Ces 371 entreprises ont 457 usines, dont 3 en construction, d'une puissance totale de 775 000 kw; 70 ont une puissance de plus de 500 kw; 60 pour 100 de la puissance est représentée par des moteurs hydrauliques, 27 pour 100 par des moteurs à vapeur, et le reste par des moteurs divers. Il y avait 325 usines hydroélectriques et seulement 20 à vapeur.

L'entreprise municipale de distribution d'électricité de la ville de Vienne possède 3 usines à vapeur ayant ensemble une puissance de 210 000 ch et une usine hydroélectrique de 15 000 ch. F. L.

Les sous-stations placées à l'extrémité d'une ligne aérienne sont plus exposées aux surtensions que les autres. (*Bulletin n° 3 de l'Association suisse des électriciens.*) — Une enquête faite par le secrétariat général de l'Association suisse des électricien, a été provoquée par les observations qu'a faites une centrale suburbaine dans une station transformatrice de construction récente, équipée sans appareils de protection contre les surtensions, où pendant des orages se sont produits, à des isolateurs et à des transformateurs, des éclatements et des percements. La sous-station en cause est située à l'extrémité d'une ligne à 45 000 v, longue de 31 km, tandis que l'on n'a constaté aucune perturbation dans une sous-station identique installée sur la même ligne au kilomètre 20.

Le secrétariat général a adressé une circulaire et un questionnaire relatif à la production des lignes à courant alternatif contre les surtensions à 51 centrales importantes et 26 y ont répondu.

Digitized by Google

Sur ces 26 centrales, 19 ont répondu à la question : « Avez-vous observé que des installations situées en bout de lignes aériennes sont plus exposées aux surtensions que celles placées en plein parcours? » 5 de ces centrales, soit 21 pour 100 environ, n'ont rien constaté de semblable; mais, en revanche, les 14 autres, soit 79 pour 100, ont répondu affirmativement à la question, 3 d'entre elles sous certaines réserves.

Ces réserves sont les suivantes : La première centrale dit qu'avec l'emploi de condensateurs et de selfs de mise à la terre, le danger ne paraît pas être plus grand pour les stations en bout de ligne; mais par contre, lors de surtensions des éclatements se sont produits à maintes reprises dans des installations à 50000 et 15000 v à des transformateurs placés au bout de barres collectrices.

La deuxième centrale est d'avis qu'un danger plus grand existe seulement dans le cas où la ligne aérienne n'est pas protégée par un fil de terre tendu au-dessus d'elle.

La troisième centrale n'a constaté un danger plus grand pour les sous-stations terminales que lorsque les lignes passent en montagne.

Si l'on ajoute que dans un rapport publié par M. Schwenkhagen publié dans l'*Elektrizitats wirthschaft*; celui-ci dit qu'il a eu connaissance d'un cas où une ligne, normalement non chargée, de 5 km de longueur, dérivée d'une sous-station, a si bien protégé celle-ci, que des dommages provoqués par les orages s'y produisent excessivement rarement tandis qu'une autre sous-station, en tête de la même ligne a été atteinte plus fréquemment. On peut conclure, comme le fait le secrétariat de l'association suisse, que les stations terminales sont généralement plus exposées aux surtensions que les autres. F. L.

L'usine hydroélectrique de Coghinas (Sardaigne). (*Elektrotechnik und Machinenbau* du 6 février). — Afin d'éviter la construction d'une trop longue conduite forcée, cette usine a été installée en sous-terrain à 50 m au-dessous du niveau du sol.

Un barrage de 55 m de hauteur à travers la rivière a permis une accumulation de 260 millions de mètres cubes d'eau; le mur du barrage a un volume de 104000 m³.

Une conduite en fer qui traverse le mur amène l'eau sous pression à un puits vertical, de 5 mètres de diamètre, intérieur, creusé dans le granit, qui dessert l'usine. Ce puits est revêtu d'une double gaine de béton armé; la seconde gaine supporte une pression de 2000 kg par mètre carré quand le granit dans lequel est creusé le puits n'est soumis à aucune pression, quand par suite de la fermeture brusque des vannes, installées à la partie supérieure du puits, la pression monte à 15 atmosphères. Pour l'installation de l'usine on a dû faire sauter 15000 m³ de rocher; la hauteur de chute est de 100 m, quand le bassin créé par le barrage est rempli.

La galerie du canal de fuite a une longueur de 3,8 km. Dans l'usine sont installés 2 groupes de 3000 kw à courant continu et 2 groupes de 7500 kv-A à courant triphasé. F. L.

Électrification de chemin de fer dans l'Afrique du Sud. (*Elektrotechnik und Maschinenbau* du 5 décembre.) — Dans une conférence faite au « South african institute of electrical engineers », M. T. P. Paske a donné les renseignements suivants sur l'électrification des chemins de fer du Natal.

La ligne électrifiée, entre Glencoe et Petermaritzburg, a une longueur de 280 km, le point le plus élevé est à l'altitude de 1486 m, le plus bas à 947 m. La pente la plus forte est de 1 sur 50, et le plus petit rayon de 90 m.

Il circule, chaque jour, 6 trains de voyageurs et 21 trains de voyageurs (en semaine) le trafic dans un sens est d'environ 22000 tonnes par jour et dans l'autre de 15000 tonnes.

L'énergie électrique pour la traction provient de l'usine de Colenso d'une puisance de 60000 kw, distante 90 km de Glencoe. Les 5 générateurs de cette usine, actionnés par des turbines à vapeur, fournissent du courant à 6000 v, dont la tension est élevée à 88000 v dans cinq transformateurs à huile. Le courant est amené par deux lignes aériennes, placées de part et d'autre de la voie, à une distance minimum de 800 m l'une de l'autre qui desservent les 12 sous-stations, placées le long de la voie, à une distance d'environ 25 km les unes des autres, dans lesquelles le courant triphasé est transformé en courant continu à 3000 v ; 7 de ces sous-stations ont chacune 2 groupes convertisseurs. Il y a en tout 19 transformateurs à huile de 2400 kv-A chacun, qui abaissent la tension de 88000 à 6600 v, qui desservent les groupes convertisseurs et en outre fournissent de l'énergie aux localités voisines pour l'éclairage et l'industrie. Chaque groupe convertisseur est constitué par un moteur synchrone, couplé directement avec deux génératrices à courant continu à 1500 v, couplées en série. L'excitatrice des génératrices à courant continu fournit aussi du courant pour actionner les dispositifs nécessaires pour le fonctionnement automatique des sous-stations. Les chefs des gares, à proximité desquelles se trouvent des sous-stations de transformation, actionnent, d'après les ordres donnés de l'usine de Colenso, les interrupteurs de mise en marche ou d'arrêt des sous-stations.

Chaque locomotive est munie de 4 moteurs de 300 ch, à 1500 v montés par deux en série; au moyen du combinateur on peut disposer les deux groupes de moteurs soit en série, soit en parallèle; 2 et même 3 des locomotives peuvent être couplées électriquement et être commandées par un seul homme. Tandis que les locomotives à vapeur ne pouvaient remorquer entre Glencoe et Maritzburg qu'un train de 1000 tonnes en 16 heures et demie, les locomotives électriques remorquent des trains de 1500 tonnes, en 10 heures et quart. F. L.

Comparaison entre les prix de revient de l'énergie électrique dans des usines thermiques et des usines hydrauliques. (*Elektrotechnik und Machinenbau.*) — Comme le prix de revient des usines hydroélectriques est plus élevé que celui des usines thermiques, les frais d'intérêt et d'amortissement sont plus grands, de sorte que le prix de revient de l'énergie électrique est d'autant plus grevé de ce fait que la durée annuelle d'exploitation de l'usine est plus faible; d'autre part, les frais d'exploitation sont moindres dans une usine hydraulique, que dans une usine thermique. Il y a donc une durée d'utilisation annuelle au-dessous de laquelle le prix de revient de l'énergie électrique est moins élevé dans une usine thermique que dans une usine hydraulique.

Dans un rapport sur l'exploitation de l'énergie électrique en Autriche, M. Wenkler, conseiller de construction à Klagenfurt, indique que d'après les résultats d'une étude à ce sujet il a pu établir les chiffres suivants.

Pour une durée d'exploitation annuelle de 1100 heures, le prix de revient de l'énergie électrique est le même dans une usine hydraulique, avec haute chute que dans une usine thermique; pour une durée de 400 heures, le prix de revient dans une usine avec moteurs Diesel est de 48 pour 100 moins élevé que dans l'usine hydraulique.

Pour les usines hydrauliques, avec basses chutes, dont les frais de construction sont plus élevés, il y a égalité de prix de revient de l'énergie pour une durée d'exploitation annuelle de 2400 heures, et pour une durée d'exploitation de 100 heures, le prix de revient de l'énergie est de 58 pour 100 plus élevé dans l'usine hydraulique. F. L.

Digitized by Google

LA MESURE DES PERTES DANS LES ISOLANTS DE CABLES

La Conférence internationale des Grands réseaux électriques qui vient de se tenir à Paris a montré clairement que tandis que la technique de l'inductance est aujourd'hui acquise, il n'en est pas de même pour la question des diélectriques.

On ne s'étonnera donc pas que nous insistions un peu sur ce sujet particulièrement important pour l'avenir des applications de l'électricité; le diélectrique est en effet veut-être la chose la plus curieuse et la moins connue des manifestations électriques.

La mesure des pertes dans les isolants de câbles attire particulièrement l'attention des techniciens rattachés à cette industrie et qui sont sollicités pour la fabrication de câbles armés à un seul conducteur pour très hautes tensions de transmission. Ce sujet constitue d'ailleurs la base de plusieurs essais de théorie qui ne sont pas toujours d'accord entre eux, en sorte qu'il devient nécessaire de justifier la moindre différence entre les résultats expérimentaux et ceux du calcul afin de permettre une exacte prédétermination des pertes en partant des caractéristiques physiques d'un câble quelconque.

Les résultats expérimentaux obtenus jusqu'alors semblent avoir été tous fournis par l'emploi du wattmètre électromagnétique. Or, cet instrument, qui offre apparemment une solution simple du problème, présente certains inconvénients dont les principaux sont :

1° Nécessité d'une correction due à la différence de phase entre les 2 bobines.

2° Très faible sensibilité sous de faibles intensités.

3° Nécessité d'une source d'alimentation rigoureusement constante, les pertes variant comme le carré de la tension appliquée.

4° Manœuvres nécessaires pour obtenir plusieurs degrés de sensibilité.

5° Nécessité d'un étalonnage précis des voltmètres et ampèremètres avec leurs connexions de jonctions aux shunts.

6° Nécessité de faire une lecture de résistance entre chaque lecture du wattmètre du fait de la variation de résistance due au passage d'une intensité relativement importante.

La nouvelle méthode de mesure des pertes dans les isolants des câbles a été étudiée et appliquée au laboratoire de recherches de la Compagnie anglaise Standard Telephones and Câbles Ltd qui désirait un procédé extrêmement sensible.

Le schéma de montage de l'ensemble est donné sur la figure ci-contre où l'on remarque notamment un pont à courant continu et un pont à courant alternatif superposés. Le câble Z est relié en série avec une résistance R_5 de l'ordre de 0,01 ohm. L'autre bras du pont comporte 2 boites de résistances, en série, de chacune 10000 ohms, fractionnées par décades, R_4 étant branché en dérivation sur une capacité variable, au mica, de 2 micro-farad (C_4). Au moyen du commutateur S_1, un galvanomètre à courant continu ou un galvanomètre à courant alternatif peuvent être intercalés entre les points de jonctions de R_1R_3 d'une part, R_2R_4 d'autre part. Le pont est alimenté par un transformateur sous très faible tension et peut être équilibré par courant continu par le jeu des contacteurs S_2 et S_3 qui intercalent une batterie d'accumulateurs de 4 v dans le circuit d'alimentation. S_2 est un interrupteur du type à grande capacité de rupture (500 ampères).

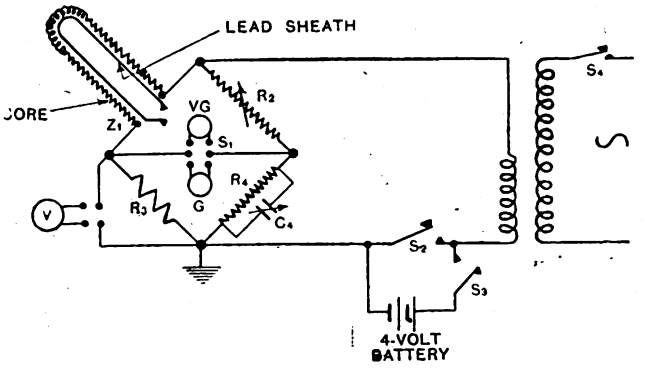


Fig. 1.
Schéma d'un pont pour la mesure des pertes dans les isolants de câbles.

S_4 commande la source de courant alternatif. La valeur de l'intensité qui traverse le câble est donnée par la mesure de la chute de tension aux bornes de la résistance R_3.

Considérons le cas où le pont est en équilibre sous le courant alternatif. L'impédance du bras 4 est alors :

$$\frac{R_4}{1+j\omega C_4R_4}.$$

La condition d'équilibre s'écrit donc :

$$Z_1 \times \frac{R_4}{1+j\omega C_4R_4} = R_1R_3 \quad \text{d'où} \quad Z_1 = \frac{R_2R_3}{R_4+jC_4R_2R_3\omega}$$

et l'angle de déphasage du câble :

$$Z_1 = \operatorname{tg}^{-1}\omega C_4R_2R_3\frac{R_4}{R_2R_3} = \operatorname{tg}^{-1}\omega C_4R_4.$$

Donc, l'expression $\frac{R_2R_3}{R_4}$ représente la résistance équivalente du câble, qui, multiplié par le carré de l'intensité qui le traverse, fournira les pertes dissipées.

Le pont est équilibré en maintenant constant R_3 et R_4 et en agissant sur R_2 et C_4; une absolue précision dans la valeur de C_4 n'est pas indispensable, à moins qu'on ne désire connaître l'angle de déphasage ou la valeur de l'inductance du câble.

On obtient la résistance du cuivre, en courant continu, en connectant le galvanomètre à cadre et en substituant la batterie de pile à l'alimentation en courant alternatif. R_2 est réglé pour obtenir l'équilibre.

Digitized by Google

L'ordre des lectures à effectuer pour obtenir les différentes pertes est le suivant :

1° Alimenter le pont en courant continu et régler R_2 à la valeur R_0 donnant l'équilibre.

2° Alimenter le pont en courant alternatif en mettant la batterie hors circuit; régler R_2 et C_4 pour obtenir l'équilibre; soit alors R_b la valeur de R_2.

3° Alimenter le pont en courant alternatif en laissant connectée la batterie; régler R_2 et C_4 pour obtenir l'équilibre. Soit alors R_b la valeur de R_2.

De ces différentes valeurs R_0, R_a et R_i on tire :

$100\,\frac{R_a - R_0}{R_0}$ = pertes par courants de Foucault, par effet de peau, etc., en pour 100 des pertes dans le cuivre.

$00\,\frac{R_b - R_a}{R_0}$ = pertes par courants de circulation dans l'isolant, en pour 100 des pertes dans le cuivre.

$100\,\frac{R_b - R_0}{R_0}$ = pertes totales dans l'isolant, en pour 100 des pertes dans le cuivre.

On a d'autre part :

$R_0\ I_2$ = pertes dans le cuivre, en courant continu.

$(R_a - R_0)\,I_2$ = pertes par courants de Foucault et par effet de peau.

$(R_b - R_a)\,I_2$ = pertes par courants de circulation dans les joints de connexions.

$(R_b - R_0)\,I_2$ = pertes totales dans les connexions.

Sur une faible longueur d'un câble pour 66 000 v, à 1 conducteur, avec armature en plomb, et de 15 cm entre axes, on relève les chiffres suivants :

R_3 = 0,01 ohm R_1 = 4000 ohms R_0 = 1980 ohms.

R_a = 2029 ohms R_b = 2537 ohms.

Les pertes par courants de Foucault et effet de peau sont donc, en pour 100, des pertes dans le cuivre :

$$100\,\frac{R_a - R_0}{R_0} = 2{,}47 \text{ pour } 100$$

et les pertes par courant de circulation dans les joints de connexions en pour 100 des pertes dans le cuivre :

$$100\,\frac{R_b - R_a}{R_0} = 25{,}7 \text{ pour } 100.$$

D'où pertes totales dans l'isolant :

$$2{,}47 + 25{,}7 = 28{,}17 \text{ pour } 100.$$

Les galvanomètres à courants continu et alternatif ont des sensibilités respectives de 50 et 100 mm-micro-ampères.

Un essai de contrôle sur les pertes par circulation dans les connexions en partant de chiffres connus, a donné les résultats suivants :

Intensité dans le conducteur : 50 amp; résistance du conducteur 0,004951 ohm.

Tension aux bornes des connexions : en circuit ouvert : 0,290 v; résistance des conducteurs : 0,02450 ohm.

Inductance calculée des conducteurs :

$$20{,}5 \times 10^{-6} \text{ henrys.}$$

On en déduit :

pertes dans l'isolant =

$$= \frac{0{,}29^2 \times 0{,}0245}{0{,}0245^2 + (314 \times 20{,}5 \times 10^{-6})^2} = 3{,}205 \text{ w}$$

et pertes dans le cuivre $= 50^2 \times 0{,}004951 = 12{,}38$ w.

Le rapport des pertes dans l'isolant aux pertes dans le cuivre est donc :

$$\frac{3{,}205}{12{,}38} = 0{,}259 = 25{,}9 \text{ pour } 100.$$

La valeur trouvée est donc en accord à celle mesurée plus haut : 25,7 pour 100.

Les avantages de cette méthode seraient :

1° *Simplicité et facilité de contrôle.* — Cette méthode est une méthode de zéro et n'exige que le réglage d'une résistance et d'une capacité.

La valeur de cette dernière n'a même pas à être connue.

Aucune lecture à faire sur des appareils à déviation.

2° *Durée de lecture.* — Les 3 lectures peuvent s'effectuer dans un temps de 3 à 5 minutes.

3° *Précision.* — Dépend uniquement de l'exactitude de la boîte de résistance R_2 qui doit avoir une valeur totale de 4000 ohms.

Elle ne demande que l'indication de la variation de R_1 qui est de l'ordre de $2{,}10^{-3}$ ohms.

4° *Sensibilité.* — Extrêmement élevée, les mesures pouvant être effectuées sous des intensités ne dépassant pas 5 ampères sur quelques mètres de câble, si le rapport des bras R_2 et R_4 du pont est réduit. L'équilibrage du pont est d'un réglage extrêmement pointu.

5° *Forme de l'onde.* — L'oscillation du galvanomètre étant réglé sur sa fréquence fondamentale, on ne mesure que les pertes dues à l'onde sinusoïdale.

Limites. — Les mesures peuvent être faites sous des intensités quelconques à partir de 5 ampères, minimum, sans aucune altération. Il suffit seulement que la résistance R_2 soit prévue pour supporter l'intensité choisie.

L'évaluation des pertes dans les isolants des câbles ne demande pas à être faite sous l'intensité normale de passage dans le câble en service; le rapport de ces pertes à celles dans le cuivre est en effet, indépendant de l'intensité. Dans le cas de câbles armés, cependant, les pertes doivent être mesurées pour chaque valeur de l'intensité, car elles deviennent alors fonction de la perméabilité de l'armature qui varie avec la force magnétisante.

J. M.

Digitized by Google

CONSTITUTION ET ALIMENTATION DES PHARES D'AUTOMOBILES

Aucun problème d'éclairage n'est certainement l'objet d'autant d'erreurs et d'idées préconçues que celui qui concerne les phares d'automobiles. Ce fait regrettable s'appuie sur deux raisons principales : la première est qu'il touche un des rares dispositifs de précision qui doit être abandonné aux mains du gros public; la seconde, vient de la connaissance très erronée des termes qu'il convient d'employer pour en discuter.

Il ne devrait jamais être question d'un accroissement de lumière totale, ou de flux, grâce à l'adjonction d'un système lenticulaire ou à l'augmentation d'éclat due à un meilleur fonctionnement du réflecteur, explications toutes deux insuffisantes par elles-mêmes.

Par ailleurs, il est absolument utopique de chercher à mesurer la longueur imaginaire du faisceau lumineux.

Enfin n'est-ce pas pure fantaisie que cette opinion introduite adroitement par publicité, que l'interposition de certains écrans teintés orange aident à la pénétration d'un phare dans le brouillard?

Des affirmations de ce genre sont fréquentes, et deviennent difficiles à combattre. Une étude sérieuse et sériée du problème le montrera sous son vrai jour à l'abri de ces opinions commerciales fantaisistes qui couvrent malheureusement trop notre industrie automobile.

L'éclairage des voitures automobiles soulève de nombreux problèmes intéressants, tels que : l'intensité lumineuse d'un pinceau de phare et son influence sur la visibilité ou l'éblouissement; ses variations dues aux perturbations de la source d'alimentation et aux différents emplacements possibles des centres lumineux à l'intérieur des réflecteurs; l'efficacité des nombreux dispositifs anti-éblouissants offerts à la clientèle trop crédule; enfin, la difficulté d'aboutir à une législation convenable de ce qui constitue actuellement un désagrément, sinon un danger.

L'étude suivante sera développée d'après cet ordre de questions :

a) Projection optique.
b) Importance d'un faisceau normalisé.
c) Verres et lentilles de front.
d) Éblouissements et reflets.
e) Étude des lampes.
f) Dispositifs anti-éblouissants.
g) Éclairage des routes et visibilité.
h) Variations de tension de la source d'alimentation.
j) Surface de réflexion.
k) Règlements.
l) Effets du brouillard.
m) Éclairage des rues.

a) **Projection optique.** — Le fait d'avancer ou de reculer sur l'axe d'un réflecteur parabolique une lampe électrique entraine des variations de divergence du faisceau lumineux (1). Le tableau I ci-dessous illustre bien le phénomène; il résulte d'expériences faites avec un réflecteur de 3 cm de foyer, et des lampes à filaments de longueurs diverses, en spirale de 1 à 2 tours, sous 12 volts, 24 watts.

TABLEAU I

LONGUEUR du filament en centimètres.	DIVERGENCE MINIMA en degrés mesurée.	$\frac{36,85\ L}{F}$: DIVERGENCE MINIMA en degrés calculée.
0.48	10.4	5.75
0.66	12.2	7.95
0 81	11.0	9.7
0 95	12.0	11 4

Divergence = Angle total.

On peut tirer de ce tableau, les conclusions suivantes :

1° La relation entre la divergence et la position de la source est sensiblement linéaire, entre certaines limites.

2° La divergence minima est en relation bien déterminée avec la longueur du filament.

3° La préférence doit être donnée aux lampes dont le filament est en avant du foyer du réflecteur, plutôt qu'à celle dont le filament est en arrière.

4° La loi de variation de la divergence en fonction de la position de la lampe est pratiquement indépendante de la longueur du filament et se trouve uniquement liée à la distance focale du profil parabolique.

L'effet de la longueur du filament sur la divergence minima a été étudié mathématiquement, et s'exprime, pour filament en spiral dont l'axe géométrique coïncide avec l'axe parabolique, par :

$$\Delta^\circ = \frac{36,85}{F} L, \qquad \left(\frac{L}{F} < 1,0\right) \qquad (1)$$

l'erreur étant inférieure à 0,5 pour 100 dans les limites données, L exprimant la longueur du filament et F la distance focale, toutes deux en centimètres. Cette relation figure dans la colonne III du tableau I. Il est manifeste que, pour des divergences inférieures à 11° (d'angle total) la différence entre les valeurs mesurées et calculées n'est pas négligeable; elle peut être attribuée à la difficulté d'évaluation de la divergence minima du faisceau, par des moyens expérimentaux.

Si l'on veut tenir compte de l'influence de la variation de la distance focale, on arrive à la famille de courbes de la figure 1 où l'on remarque qu'une parabole à long foyer donne lieu à un faisceau beaucoup plus indépendant de la position du filament qu'une parabole à foyer court.

En outre, la divergence minima ne correspond pas à une coïncidence entre le centre géométrique du filament

(1) *World Power*, mars 1927, M. L. B. W. JOLLEY, *M. A. M. I. E. E.*

Digitized by Google

et le foyer, mais à une distance entre ces 2 points donnée par :

$$d = 0{,}0895 \frac{L^2}{F} \qquad (2)$$

avec une erreur inférieure à 2 pour 100 du rapport $\frac{d}{L}$.

Si donc la divergence diminue quand la distance focale

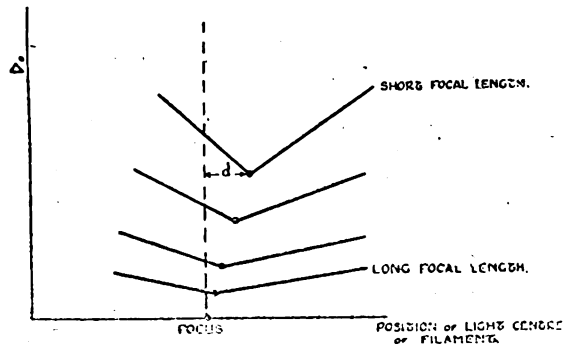


Fig. 1.
nfluence de la variation de la distance focale.

augmente, l'intensité du faisceau lumineux croît en même temps, d'autre part, la lumière recueillie par un réflecteur de même diamètre diminue; l'intensité lumineuse diminue donc également; il doit alors se trouver un point optimum du foyer correspondant à une intensité lumineuse maxima.

En maintenant C constant (fig. 2) cette condition est réalisée pour

$$F = \frac{2}{3} C, \qquad (3)$$

avec une approximation de l'ordre de 1 pour 100 de $(C - F)$.

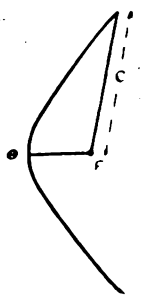


Fig. 2.
Point optimum du foyer correspondant à l'intensité lumineuse maxima

$F = \frac{2}{3} C.$

Les équations (1) et (3) précédentes résultent d'analyses mathématiques effectuées sur ce sujet par J. W. Ryde et n'avaient encore pas été publiées jusqu'alors. Elles sont extrêmement importantes, et permettent un gros progrès à l'étude du problème pratique.

b) **Importance d'un faisceau normalisé.** — On vient de mettre en lumière l'influence de la position du centre géométrique du filament sur la forme du faisceau issu du réflecteur. Mais il n'a pas encore été nettement montré, quoiqu'on puisse le prévoir dès maintenant, qu'au tracé des rayons issus du réflecteur pour des positions du centre lumineux, en avant et en arrière du point focal, on note un point de croisement, correspondant à une inversion du faisceau pour la condition de divergence minima.

Le phénomène est illustré par les figures 3*a*, 3*b* et 3*c*, où la ligne PP passe par le foyer, et où la moitié supérieure du réflecteur est obstruée dans chaque cas. Q représente la projection du faisceau sur une surface plane convenable, située à une distance telle du réflecteur que le croisement de tous les rayons y figure. Dans le cas 3*a*, le filament est situé en arrière du foyer; dans le cas 3 *b* il correspond à la condition de divergence minima; dans le cas 3*c*, il avance sur le point focal. Le faisceau est alors : *a*) semi-circulaire, avec son diamètre horizontal dans le plan supérieur; *b*) circulaire, avec une intensité moyenne égale à la moitié de celle de deux autres cas; *c*) semi-circulaire, avec son diamètre horizontal, dans le plan inférieur.

Ce fait fondamental attire immédiatement l'attention sur l'importance de la position du centre lumineux pour tous les dispositifs anti-éblouissants, en même temps qu'il montre l'intérêt de la normalisation d'un faisceau, le terme normalisation signifiant moins l'étalonnage à une densité lumineuse déterminée, que l'obtention de résultats sensiblement comparables, pour des lampes quelconques placées alternativement dans le même réflecteur, sans dispositif anti-éblouissant.

Sans cette précaution, on risque une inversion complète du faisceau, c'est-à-dire un résultat diamétralement opposé à celui cherché.

Si l'on considère le manque général de soins du public automobiliste et son ignorance à l'égard des dispositifs optiques, l'importance de l'absence de réglages, même élémentaires, est d'un intérêt considérable.

Le premier pas à franchir vers cette normalisation serait de s'assurer que, pour les tolérances de fabrication des réflecteurs et des lampes, la moyenne partie du filament de celles-ci se trouvera plutôt en avant du foyer des réflecteurs.

Ce point étant fixé, il ne reste plus qu'à admettre une tolérance sur la divergence du faisceau et s'assurer que les tolérances de fabrication évitent de dépasser la divergence minima adoptée.

Nombreux sont ceux qui ont déjà admis depuis longtemps le principe fondamental de l'éclairage des voitures automobiles, et qui n'ont aucun espoir de voir avancer pratiquement la question avant sa généralisation. Dès cette normalisation effectuée, la majorité des inventions actuelles qui sont souvent plus néfastes qu'utiles, prennent toute leur importance.

Il semble que cette normalisation ait pu être évitée grâce à des dispositifs de centrage des foyers lumineux à l'intérieur des projecteurs, qui permettent en même temps une large tolérance de fabrication aux constructeurs. Mais il est incontestable que cet arbitraire rend extrêmement difficile l'élaboration de règlements de route intelligents et efficaces.

Cette normalisation permettrait, au contraire, d'adopter des règles générales utiles, n'ayant aucune chance d'être enfreintes par les dispositifs de lentilles ou autres, placés à l'avant de projecteurs, qui n'auraient plus aucune chance d'inverser le faisceau pour une mauvaise position de la lampe à l'intérieur du réflecteur.

Digitized by Google

c) **Verres et lentilles de front.** — Les lentilles de front peuvent se diviser en deux grandes classes : 1° celles ayant une caractéristique prismatique déterminée ; 2° celles dont la surface est simplement granulée, pour diffuser d'une façon générale la lumière sous une répartition d'intensité lumineuse donnée.

Considérons d'abord les lentilles de cette dernière catégorie :

Verres diffuseurs. — Avec un miroir ou un réflecteur parfaitement polis, c'est-à-dire sur toute la surface duquel on distingue l'image d'une source lumineuse non uniforme, l'intensité lumineuse résultante se trouve uniformément répartie ; mais il est extrêmement difficile et peu pratique de réaliser de telles surfaces optiques, en sorte que le faisceau lumineux renferme généralement un certain nombre d'images du filament, visibles séparément. Le faisceau apparaît donc strié, et il est très possible que les variations rapides d'intensité lumineuse aient à supporter une grande part de responsabilité dans l'éblouissement, s'il s'en produit ; le faisceau serait incontestablement meilleur si, par un dispositif approprié, les images séparées pouvaient se fondre plus intimement. Ce résultat est parfaitement atteint par certains verres à surface gravée, que l'on rencontre parfois sur des phares modernes. L'importance de la diffusion doit être soigneusement réglée, en ce qui concerne à la fois l'absorption et la dispersion. La distribution résultante de l'intensité lumineuse doit conduire à un noyau central très intense, à l'intérieur de faisceau, entouré d'une lumière plus diffuse ; on doit, en tout cas, savoir que les verres de ce genre ne peuvent aucunement agir sur la direction du

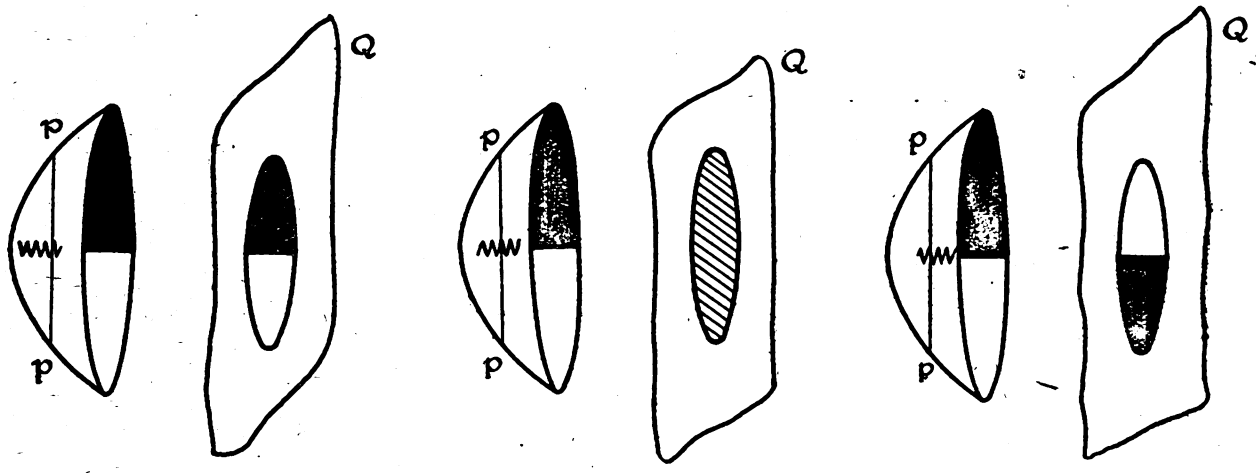


Fig. 3 *a*. Fig. 3 *b*. Fig. 3 *c*.

Mise en évidence de l'inversion du faisceau pour la condition de divergence minima (filament situé au foyer du réflecteur).

faisceau, mais servent simplement à fondre plus intimement les nombreuses images du foyer lumineux, et, par cela même, à éliminer les stries du pinceau d'éclairage.

Lentilles. — Les lentilles dont les premières utilisations ont été faites en Amérique ont pour objet de concentrer l'intensité lumineuse suivant une répartition déterminée.

Dans la plupart des cas, leur but est surtout d'élargir la bande lumineuse utile, mais dans d'autres on se fixe des conditions plus précises.

d) **Eblouissements et reflets.** — Il est extrêmement important de rechercher les causes de l'éblouissement par des phares d'automobile ; ramenée à sa forme la plus simple, la question montre que le véhicule le plus lent, sur la route, a besoin de la totalité de l'éclairage de ses phares, cette totalité représentant pour lui un minimum. Mais, d'autre part, il est indispensable à l'automobiliste de disposer d'autant de lumière que possible, sans souci pour lui d'en régler la répartition en détails, pourvu qu'elle lui permette de voir assez loin.

On se trouve donc en présence de deux exigences contradictoires auxquelles une solution commune ne peut être faite que d'un compromis, acceptable pour l'une et l'autre des parties. Mais il doit être fait état qu'aucune réduction importante de lumière ne satisfera l'automobiliste qui représente le trafic de route le plus rapide, qui parcourra par conséquent le plus long chemin, et qui, courant en même temps le plus de risques, se trouve l'élément le plus important à considérer. Il deviendra donc essentiel, pour obtenir un compromis raisonnable, de filtrer à nouveau la lumière issue du réflecteur.

Un calcul simple met en évidence les difficultés d'évaluation de l'intensité lumineuse maxima possible sans effets d'éblouissements ou de reflets. Nutting a montré, que pour un éclat de 0,01 bougie par dcm², la limite d'éblouissement pour cette surface est de 180 bougies ; si l'on admet que la visibilité commence à être gênée pour un éclat triple, on arrive à une intensité lumineuse maxima de 500 bougies. Ce résultat est évidemment absurde et montre bien les difficultés inhérentes à la question.

La normalisation des faisceaux est le premier des remèdes contre les effets de l'éblouissement. Il est entiè-

Digitized by Google

rement entre les mains des constructeurs. Le problème ferait encore un grand pas vers une solution acceptable si une commission technique procédait, sur routes, aux mesures : 1° de l'intensité lumineuse minima compatible avec la sécurité de conduite ; 2° de l'intensité lumineuse maxima possible dans chaque direction, abaissant l'éblouissement à une valeur raisonnable. Des essais de ce genre ont déjà été effectués aux États-Unis, mais il convient de les répéter dans chaque contrée, par suite des variations des conditions locales.

Le temps d'exposition à l'éblouissement influe sur la sensibilité visuelle. Le tableau II donne le résultat d'essais américains sur l'influence de ce temps d'exposition.

TABLEAU II

Importance de l'augmentation et de la réduction de la sensibilité visuelle initiale.

TEMPS en secondes	B = 0 à B = .5 ml. Réduction de sensibilité.	B = 25 à B = 0 ml. Augmentation de sensibilité.
1	× 2.1	× 1.6
2	× 4.2	× 2.6
5	× 16.5	× 7.6
10	× 58	× 14.4
600	× 120	× 20.9

L'éclat B du champ lumineux variait brusquement de l'éclairage équivalent d'une feuille de papier blanc sous 25 millilamberts, à l'obscurité complète et inversement.

Les résultats du tableau II montrent nettement que des expositions successives à la lumière et à l'obscurité conduisent toujours à une réduction très nette de la sensibilité visuelle, indépendamment des temps respectifs de ces expositions.

e) **Étude des lampes.** — *Types normaux.* — Les lampes normales de phares sont généralement de 2 types. En Angleterre on rencontre surtout le type à filament axial en spirale, à l'intérieur d'une ampoule vidée d'air, ou renfermant certains gaz. En Amérique et en Europe, le filament en forme de V est plus fréquent.

La désignation des lampes dépend de 3 facteurs : 1° Leur influence sur le faisceau lumineux ; 2° leur mode de fixation dans le réflecteur ; 3° leur facilité de construction.

Examinons ces trois points successivement.

1. *Influence sur le faisceau lumineux.* — Il a déjà été dit que, avec un filament axial, l'angle de divergence minima était fourni par la relation :

$$\Delta^\circ = \frac{56.85}{F} L \text{ degrés.}$$

En outre, si le filament est parfaitement symétrique par rapport au réflecteur, le faisceau aura une section droite parfaitement circulaire. Il est possible de montrer, avec une certaine approximation que, si le filament affecte une forme épousant un ellipsoïde de révolution de dimensions données (fig. 4) la divergence peut être obtenue par la même formule.

Il est donc probable qu'un filament épousant une surface conique (fig. 5) fournira un faisceau circulaire de même divergence, et qu'un filament en forme de V donnera lieu à un faisceau de section droite elliptique, dont le grand axe sera donné par la formule 1.

2. *Mode de fixation dans le réflecteur.* — Pour bénéficier de tous les avantages de la répartition du filament en forme de V, il suffit de le fixer dans le réflecteur, de telle façon que son diamètre maximum soit très exactement horizontal.

Ceci suppose un dispositif de réglage de la douille qui recevra la lampe ou une normalisation précise de tous les organes en présence. Cette dernière condition exige une étroite collaboration des divers constructeurs intéressés.

3. *Facilité de construction des lampes.* — Du point de vue des filaments seuls, il semble que les fabrications soient comparables pour ceux axiaux et en V. Cependant, pour des organes normalisés, l'avantage est en faveur des premiers.

Lampes spéciales. — De nombreuses lampes ont été créées dans des buts particuliers tels que : une meilleure pénétration lumineuse dans le brouillard, l'élimination de l'éblouissement, etc.

On trouvera ci-dessous la description de 3 types principaux :

Le premier, aux applications nombreuses aux États-Unis, comporte 2 filaments dans une ampoule gaufrée. Les 2 filaments sont identiques de forme et de dimensions, comme l'indique la figure 6.

Les 2 spirales ont un retour commun, qui se trouve généralement en connexion métallique avec le culot de l'ampoule.

L'un des filaments occupe la position normale du foyer ; l'autre s'en trouve distant de 3,5 mm. Un inverseur unipolaire permet de travailler sur l'un ou l'autre filament, et d'abaisser ainsi le faisceau de 2,5 à 3 degrés sur la normale. En même temps, le gaufrage de l'ampoule donne lieu à une certaine fusion des différentes parties lumineuses des filaments, et produit ainsi un faisceau plus homogène ; il agit en outre un peu comme une lentille pour concentrer la lumière dans une direction déterminée.

La lampe Graves donne des résultats théoriques et pratiques supérieurs, mais est de construction plus difficile (fig. 7).

Elle comporte 2 filaments en prolongement l'un de l'autre, sur le même axe. L'un d'eux est situé symétriquement par rapport à une petite coupelle hémisphérique et polie intérieurement ; il se trouve situé en avant du point focal que l'autre occupe exactement. Celui-ci fournit l'éclairage normal ; et celui-là un faisceau incliné vers le sol.

Digitized by Google

On trouve enfin des lampes du type précédent dont le sommet de l'ampoule est teinté de jaune, pour réduire en permanence l'intensité lumineuse du faisceau.

Les inconvénients de ces 3 types de lampes sont les mêmes que ceux des types à filament en forme de V. On

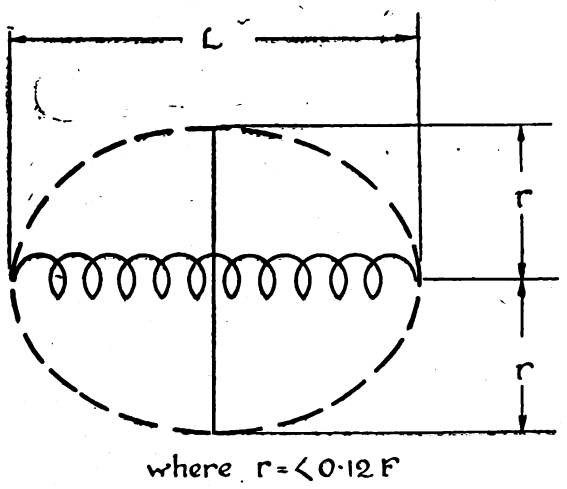


Fig. 4.
Filament épousant un ellipsoïde de révolution.

y retrouve, en effet, la difficulté de les situer correctement par rapport au foyer du réflecteur, et par rapport à l'horizontale.

Pour résumer les influences du choix des lampes dans le problème de l'éclairage des phares, il semble que, si par la fabrication des réflecteurs et des lampes, on peut assurer à celles-ci une place toujours identique dans ceux-là, par des douilles et culots d'ampoules qui les

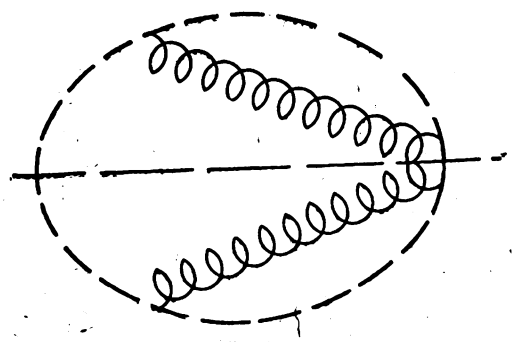


Fig. 5.
Filament épousant une surface conique.

empêchent de modifier leur position, et les maintiennent au foyer, il existe plusieurs types de lampes donnant des résultats très satisfaisants. Si ces conditions sont trop difficiles à remplir, il convient alors d'adopter les lampes à filament axial, conjuguées avec des dispositifs extérieurs. Cette solution offre d'ailleurs l'avantage de satisfaire les constructeurs de lampes par sa simplicité.

Le nombre des dispositifs imaginés et proposés au public pour la protection contre les éblouissements témoigne de l'importance accordée à la question. Il en existe dont le principe fondamental est exact et peut servir de base à l'étude du problème.

f) **Dispositifs anti-éblouissants.** — Toute l'efficacité des dispositifs anti-éblouissants dépend du centrage du projecteur, dont l'importance a déjà été reconnue par ailleurs, mais qui s'impose encore plus particulièrement ici. La statistique américaine suivante ne surprendra aucun des habitués nocturnes de la route : sur 200 voitures automobiles, on en compte 81 pour 100 dont le faisceau lumineux plonge, 14 pour 100 dont le faisceau pointe vers la verticale, et 5 pour 100 seulement dont le faisceau est bien horizontal. On peut objecter, il est vrai, que les variations de charges, les inégalités du terrain et d'autres facteurs rendent l'approche de l'horizontale difficile. Mais ces raisons sont insuffisantes pour ne pas chercher à réaliser des meilleures conditions théoriques ; on y tendra déjà beaucoup en assurant une rigidité parfaite aux pièces mécaniques de fixation des projecteurs.

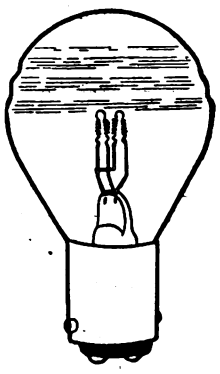


Fig. 6.
Lampe à deux filaments côte à côte.

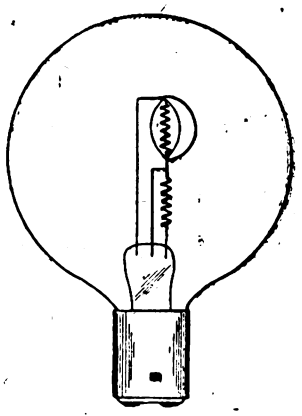


Fig. 7.
Lampe Graves à deux filaments dans le prolongement l'un de l'autre.

Basculeurs mécaniques. — Un des dispositifs anti-éblouissants les plus répandus est sans doute celui qui consiste à incliner le faisceau vers le sol, d'un angle déterminé, par l'intermédiaire d'une commande mécanique (Bowden, par exemple).

Cette méthode présente l'inconvénient d'être soumis à une intervention manuelle qui lui ôte tout caractère d'automaticité ou de permanence.

Commande électrique. — L'objection précédente reste valable ici, où l'on agit sur l'intensité du faisceau par l'intermédiaire d'un commutateur ou de rhéostats. Le conducteur souffre, en outre, de la réduction momentanée de son éclairage aux croisements avec d'autres véhicules. Enfin, la valeur de la résistance à intercaler dans les circuits d'alimentation varie avec chaque type de lampes.

Après expérimentation de ces deux procédés, un comité compétent américain a conclu à une meilleure efficacité du premier, et recommande une inclinaison du faisceau de 2 à 3 degrés d'arc.

Digitized by Google

D'autres systèmes ont été proposés dont les plus intéressants sont :

Projecteurs Grubb (fig. 8). — Ces projecteurs spéciaux comportent une lampe ordinaire placée à l'intérieur d'un réflecteur parabolique fournissant un faisceau légèrement convergent sur une lentille de front L. Les caches A, B et C traversent le réflecteur sur toute sa longueur et y répartissent la lumière dans les 3 compartiments qu'ils créent. Le système lenticulaire de front est tel que les compartiments A et B attaquent chacun 4 lentilles distinctes, et le compartiment C 2 lentilles. Les images issues de ces 10 lentilles se superposent sur un objet éloigné.

Lampes Ryland (fig. 9). — Le réflecteur principal est un ellipsoïde de révolution B. Un second réflecteur sphérique A reprend les rayons arrière. Un condenseur C travaille sur les rayons directs; l'ensemble est dirigé sur la lentille frontale L.

Lampes Zeiss. — La réduction de l'intensité lumineuse est obtenue par le basculage de la coupelle hémisphérique munie de verres opales qui, sous l'action d'une commande par Bowden, vient masquer le foyer lumineux et n'admet plus qu'une intensité réduite sur le réflecteur.

Lampes Gibson (fig. 10). — On remarque ici deux dispositifs distincts. Un miroir Mangin M fournit un faisceau de faible ouverture pour l'éclairage de la route à distance ; l'éclairage rapproché est assuré par un réflecteur complémentaire R recouvrant les côtés et la paroi supérieure du phare.

Le centrage du foyer lumineux demande à être fait très soigneusement ; mais une commande à portée de la main du conducteur permet de l'effectuer facilement, et d'y remédier en cours de route, pour chaque variation de conditions de marche (variation de charge, de pente, de qualité de route, etc.).

Lampes Craftsman (fig. 11). — L'originalité de ce projecteur est dans le profil de son réflecteur. La moitié inférieure OQ affecte la forme d'un paraboloïde de révolution de foyer S ; le filament est disposé pour émettre du foyer vers le sommet. AAA représente le tracé du faisceau fourni par cette partie de réflecteur. La moitié supérieure comporte deux élèments de chacun 1/4 de parabole avec leurs foyers en T.

Leurs axes ne sont pas parallèles, mais disposés de telle sorte que les faisceaux soient dirigés suivant BBB.

Une glace frontale diffuse partiellement la lumière et évite les ombres brutales.

Lentilles à éléments multiples. — De nombreuses suggestions ont été faites pour l'emploi de lentilles à éléments multiples, dans le genre de celles utilisées sur le projecteur Grubb. La figure 12 en montre une des plus intéressantes, où chaque élément de lentille est argenté sur sa surface inférieure, et noirci sur sa surface supérieure.

Un rayon lumineux AB attaquant une surface argentée s'y réfléchira en retombant sur le sol, tandis qu'un rayon CO frappant une surface noire, s'y absorbera, ne donnant lieu à aucune réflexion vers le haut ; le but cherché est donc atteint.

Le profil des éléments optiques amènera la concentration du faisceau dans la direction exacte désirée.

Généralités. — Cette question des dispositifs antiéblouissants a été étudiée assez en détails pour bien mettre en évidence qu'une solution acceptable, sinon parfaite, entraîne certaines complications de réalisation, et, par conséquent une élévation sensible des prix de revient des projecteurs.

Mais, étant donné, comme il a été montré précédemment, que le but cherché pourrait être atteint par une simple normalisation du faisceau lumineux et l'adjonction de lentilles frontales convenable, les dispositifs spéciaux compliqués semblent un luxe parfaitement inutile.

g) **Évaluation de l'éclairage nécessaire des routes et visibilité.** — *Généralités.* — L'évaluation de l'éclairage nécessaire de la route, pour y circuler facilement en automobile à différentes vitesses, et dans des régions diverses, est un des problèmes les plus complexes de ceux qui touchent l'éclairage pour les automobiles. Normalement, dans la crainte de prévoir un éclairage insuffisant, il suffirait d'être généreux à cet égard par un excès voulu. Mais on se trouve limité par la capacité de débit des sources d'alimentation, et de danger d'éblouissement.

En dehors des considérations de vitesse, on se trouve en présence de 3 facteurs : la qualité de la route, son propre éclairage et sa surface. Dans les artères principales d'une ville, l'éclairage individuel des véhicules est inutile ; dans les rues suburbaines il croît d'importance en même temps que l'éclairage s'y raréfie. A ces variables, s'ajoute le coefficient de réflexion de la surface de la route.

Dans les rues à faible éclairage, le mécanisme de la visibilité est dû à ce que les obstacles apparaissent en silhouette alternativement dans l'ombre et la lumière.

Le manque de contraste rend alors difficile l'évaluation d'une variation de luminosité ou d'obscurité. Il s'ensuit que si un objet, sombre par lui-même, est aperçu contre une source d'éclairage, l'incidence d'un rayon de lumière issu du projecteur le rendra invisible. Ces faits sont le résultat d'observations fréquentes et ne demandent aucune explication complémentaire ; mais ils font toucher la grosse difficulté du problème.

Des études faites par les Américains en 1917, études demeurées d'ailleurs sans conclusions définitives, il est resté quelques enseignements intéressants. C'est ainsi que dans cette région, l'opinion générale demande un rapport de la largeur du faisceau à sa longueur de 0,3, soit un angle d'ouverture total de 17°. Ces chiffres sont très sensiblement supérieurs à ceux préconisés en Angleterre.

On y note aussi l'opinion qu'il ne doit plus exister de projection sensible à une hauteur supérieure à 1 m.

Digitized by Google

Visibilité. — Cette face de la question n'a pas encore pu être présentée par faits chiffrés. Cependant Porter a donné différentes courbes de visibilité dont la formule mérite d'être remarquée. Il considère trois objets types :

A : un homme habillé de bleu-noir.
B : — de rayures bleues et blanches.
C : — blanc

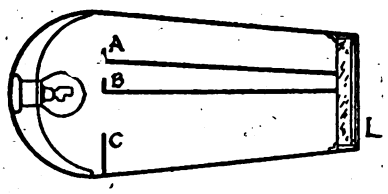


Fig. 8.
Projecteur système Grubb.

pour la visibilité limite desquels les intensités lumineuses nécessaires sont déterminées par les formules :

Cas A $$I = \frac{1{,}061\, D^{2.6}}{10^5} \times 3^{2.6}$$

Cas B $$I = \frac{3{,}81\, D^{3}}{10^5} \times 3^{3}$$

Cas C $$I = \frac{8{,}5 D}{10^9} \times 3^{4}$$

D étant la distance en mètres.

En Angleterre, la visibilité est définie d'une autre façon en spécifiant une portée arbitraire d'un projecteur donné, c'est-à-dire la distance à laquelle tous les objets sont supposés visibles, cette mesure ayant à sa base l'adoption d'un disque étalon normalisé. Les détails du procédé de mesure sont donnés dans les British Standard Specification N° 151 ; le disque est constitué par un carton noir portant des raies blanches de dimensions (longueur

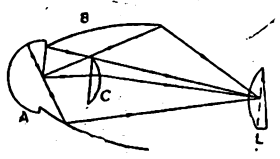


Fig. 9.
Projecteur système Ryland.

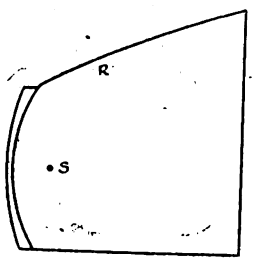


Fig. 10.
Projecteur système Gibson.

et largeur) déterminées et disposées horizontalement sur sa surface.

La première détermination à effectuer est l'arc central du faisceau. Pour cela, le disque est placé à 1,30 m au-dessus du sol ; il est ensuite déporté d'abord à droite puis à gauche, jusqu'à ce que ses dessins ne soient plus visibles. Le point situé à égale distance des deux portions extrêmes de visibilité marque le centre du faisceau.

La portée de celui-ci est déterminée par la distance à laquelle les chiffres gris du disque ne peuvent plus être lus séparément, sur l'axe du projecteur.

h) **Variations de tension de la source d'alimentation.** — Cette partie de la présente étude ne prétend pas

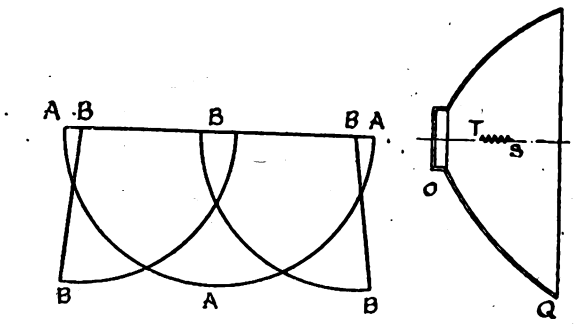


Fig. 11.
Projecteur système Craftsman.

toucher les différentes génératrices spéciales que l'on rencontre sur les voitures automobiles actuelles ; elle se bornera à l'examen des seules causes matérielles qui peuvent influer sur la valeur de la tension.

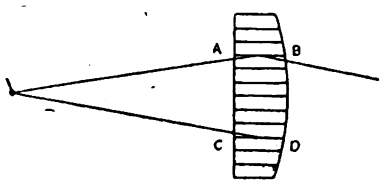


Fig. 12.
Système lenticulaire complexe.

Dans la plupart des cas, l'alimentation des projecteurs est assurée par une batterie d'accumulateurs dont la charge s'effectue par une génératrice accouplée au moteur de la voiture. Le but de la batterie est généralement double : 1° Maintenir l'éclairage pendant l'arrêt de l'automobile. 2° Fonctionner en régulateur de tension de la

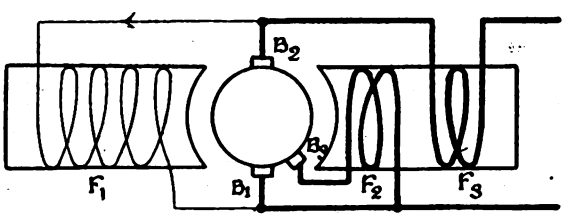
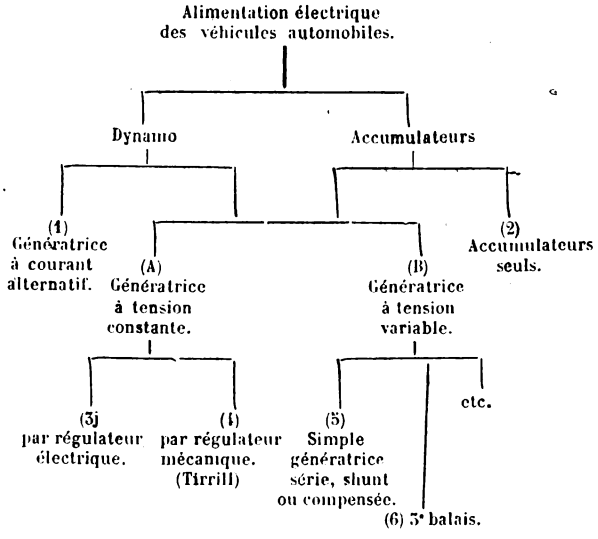


Fig. 13.
Schéma d'une dynamo à 3 balais, à tension constante.

génératrice. Cette dernière prévision n'intervient pas avec les génératrices à tension constante sous charge et vitesse variables.

Considérons le tableau de possibilités ci-contre où tous les cas sont envisagés.

Digitized by Google



Génératrice. — Les cas 1 et 2 ne sont pas à considérer, car ils se rencontrent très rarement dans la pratique. Au contraire, les cas intéressants sont ceux A et B, correspondant respectivement à la génératrice à tension constante et à la génératrice avec batterie en tampon.

Considérons en premier lieu le cas B. Il est absolument impossible à une génératrice instable par elle-même (c'est-à-dire à tension variable suivant sa charge et sa vitesse) d'alimenter à tension constante une batterie d'accumulateurs à laquelle elle se trouve directement reliée. En effet, dès que cette batterie approchera de la pleine charge, il se produira un dégagement gazeux, et la tension montera proportionnellement à l'augmentation de sa résistance interne. Cette augmentation se maintiendra jusqu'à ce que la tension atteigne l'ordre de 2,7 à 2,8 v par élément d'accumulateur; à ce moment, le dégagement gazeux atteint son maximum. D'autre part, la tension de la batterie baisse au fur et à mesure qu'elle se décharge; nous supposons pour l'instant, que l'on aura soin de ne pas laisser tomber les éléments au-dessous de de 1,85 v.

La tension aux bornes d'une batterie de 6 éléments variera donc entre 11,1 v (déchargée) et 17,4 v (chargée) c'est-à-dire de — 7,5 pour 100 à + 45 pour 100 autour de sa valeur moyenne. Il est d'ailleurs probable qu'elle sera, en général, supérieure à la moyenne de 12 v.

Il apparaît donc que ce dispositif tend à élever la tension aux bornes des lampes, à moins que la capacité de la batterie en tampon soit très grande, où que le débit de la génératrice soit telle que la batterie ne puisse être que rarement surchargée. Le régime de débit de la génératrice dans ses conditions normales de travail est donc un point délicat à fixer, et qui ne peut être déterminé qu'après de nombreuses expériences, avec des dispositifs différents. Une trop forte tension aux bornes des lampes risque d'entraîner leur détérioration rapide; un trop faible régime de charge peut amener la sulfatation de la batterie.

Il n est pas dans l'esprit de l'auteur de discriminer les systèmes de ce genre actuellement en usage; mais il semble que les générateurs du type A, qui vont être examinés maintenant, répondent mieux à la question.

Description. — Les génératrices du type à tension constante les plus courantes sont celles du cas (6). On en rencontre rarement du type (5). Celles-là ont leur originalité dans la présence d'un troisième balais, dit balais régulateur B_3, sur la figure 13.

On note, sur ce schéma, les enroulements normaux F_1 et F_3 respectivement série et dérivation, et un enroulement complémentaire F_5 relié entre l'un des balais principaux B_1 et le troisième B_3. L'intensité dans cet enroulement varie avec la vitesse de la machine, du fait de la distorsion du flux d'armature. En disposant convenablement le sens du flux auquel il donne naissance, il peut compenser efficacement les effets de variation de vitesse, et amener aux bornes de la machine une tension pratiquement constante,

Le mode de fonctionnement du cas A est totalement différent. Ici, la tension de débit est maintenue constante à une valeur prédéterminée à l'avance sans qu'elle puisse ressentir aucune perturbation des conditions de charge de la batterie. Au point de vue du travail des lampes, il y a là un réel avantage sur les précédents dispositifs du cas B. Mais que deviennent les accumulateurs? L'état de charge ne peut dépasser un certain niveau qui, pour une batterie de 12 v à 6 éléments, est environ le tiers de la pleine charge; ceci est évidemment insuffisant et il convient alors de prendre les précautions suivantes : normaliser les canalisations des installations; ceci est indispensable; utiliser une simple génératrice à excitation en dérivation avec un régulateur à vibreur, ou autre, du genre Tirrill, par exemple, pour maintenir la tension dans des limites très voisines de 12 v pour toutes les vitesses et variations de charge; employer une batterie d'accumulateurs de 5 éléments seulement, chacun d'eux pouvant alors être chargé sous 2,4 v maximum, c'est-à-dire jusqu'aux 5/6 de la pleine charge; prévoir un disjoncteur évitant les inversions possibles du courant de la batterie, et sa décharge permanente à travers la génératrice.

La seule modification inévitable entraînée par l'adoption des principes précédents est l'emploi d'un moteur de démarrage sous 10 v au lieu de 12. Enfin, les lampes de projecteurs prévues pour 12 v, ne fonctionneront, à l'arrêt du véhicule, que sous les 10 v de la batterie, c'est-à-dire dans de meilleures conditions de durée pour elles.

Le tableau III ci-contre montre les dangers que provoquerait la non-observance des principes précédents.

Ces chiffres, obtenus en Amérique au cours d'essais sur des véhicules dont la vitesse variait de 0 à 55 km à l'heure sont très éloquents. Il serait à souhaiter que la clientèle automobiliste en bénéficie de la part des constructeurs.

Canalisations. — En plus des variations de tension dues à l'alimentation, il y a lieu de tenir compte de celles provoquées par la résistance des canalisations. Au cours

Digitized by Google

Tableau III

	BATTERIE de 3 éléments.	BATTERIE de 6 éléments.
Variations de tension. . .	4.6 à 7.9	11.3 à 17.2
Tension nominale des lampes, en volts.	6	12
Intensité lumineuse maxima en bougies	55	60
Intensité lumineuse minima en bougies	9.5	17.5
Intensité lumineuse moyenne en bougies . .	24	22
Durée maxima en heures. .	10.000	580
— minima —	5	1.5
— moyenne —	250	250

d'essais et de mesures sur 20 véhicules, il a été relevé que sur les installations à 3 éléments d'accumulateurs elle variait de 0,21 à 1,43 v, et sur les installations à 6 éléments, de 0,10 à 0,45 v.

j) **Surfaces réfléchissantes des projecteurs.** — L'excellence des procédés modernes de fabrication de ces articles, ne fait demander aucune amélioration à leur sujet. Les récents procédés de galvanoplastie ont une influence considérable sur la durée des éléments réfléchissants. Le coefficient de réflexion d'un bon miroir à l'argent peut être de l'ordre de 85 pour 100; mais les détériorations dues à l'influence des agents atmosphériques et aux manipulations, l'abaissent rapidement de 25 à 30 pour 100. Un procédé commercial de chromage remédierait à ce grave inconvénient; mais le coefficient de réflexion peut être réduit sans inconvénient, dès la fabrication du réflecteur à 65 pour 100. Le chrome résiste en effet parfaitement bien aux corrosions atmosphériques et se laisse manipuler sans ennuis.

k) **Réglementations.** — En Angleterre, le gouvernement a très peu fait pour essayer de réglementer l'éclairage des véhicules automobiles; il se pourrait cependant que l'opinion publique l'obligeât à intervenir sous peu. En Amérique, au contraire, dès 1917, 26 États au moins avaient déjà pris position à cet égard et en 1926, 2 États seulement restaient sans législation sur ce point. Malheureusement ces règlements ne concordent pas toujours entre eux, comme par exemple, en ce qui concerne l'intensité lumineuse maxima permise, qui varie de 21 à 32 bougies suivant les états.

En ce qui concerne les dispositifs anti-éblouissants, les divergences d'opinions sont les suivantes : dans un état de l'Amérique du Nord, l'insertion des rhéostats doit être faite 60 m avant tout véhicule venant en sens inverse; dans d'autres états, cette mesure préventive est illégale. Il en est de même pour les basculeurs, acceptés ici, répudiés là, et des lentilles frontales spéciales. Le tourisme à travers différents états s'en trouve gêné. Les réglementations demanderaient à être faites d'un point de vue plus général.

En France, les dernières prescriptions du Code de la route permettent au conducteur seul sur une route d'utiliser le maximum possible d'éclairage. Le faisceau normal doit éclairer, à 100 m de distance, une surface de 4 m de haut et 14 m de large, aussi uniformément que possible, et en affaiblissement du centre vers l'extérieur. L'illumination verticale au centre peut être de 1 à 2 lux. L'éblouissement au croisement de véhicules circulant en sens inverse est évité par la substitution aux projecteurs normaux, de lampes beaucoup moins puissantes ou d'un projecteur unique répondant à certaines caractéristiques. Il ne nous convient pas de faire ici le procès de ces règlements. Mais leur application pratique semble ne pas répondre aux desiderata des automobilistes, très probablement d'ailleurs par manque de normalisation des faisceaux, dont les réglages très fantaisistes ridiculisent les règles de circulation.

En Angleterre, la législation à ce sujet est encore en train de chercher sa voie. Il est impossible d'entrer dans ses détails, mais on y remarque une recommandation en faveur d'une action sur les caractéristiques des lampes, plutôt que sur les accessoires du projecteur qui tendent surtout à briser le faisceau, à l'amoindrir ou à le diffuser. On y exclue aussi l'emploi des projecteurs rotatifs, sans que toutefois cela s'applique aux mouvements plongeants.

Les caractéristiques générales du faisceau doivent être les suivantes :

a. Une portée minima de 50 m, et maxima de 100 m.

b. Une longueur minima de 10 m et une hauteur maxima de 1,30 m, à une distance de 50 m du projecteur.

c. Le bord inférieur balayant la route à moins de 16 m du projecteur.

d. Un faisceau sans taches sombres avec un éclairage raisonnablement uniforme, ou d'une bonne graduation.

Au faisceau central doit venir se joindre un champ de lumière plus diffuse situé entre les 8 et 16 m qui précèdent les phares, avec une divergence latérale à la surface de la route au moins égale à 6 m, à une distance de 1,5 m des projecteurs.

l) **Influence du brouillard.** — Cette partie du problème de l'éclairage des voitures automobiles est certainement la moins comprise du public. C'est, par exemple, une opinion très généralement arrêtée, que l'interposition d'un écran jaune ou orange aide à la pénétration d'un faisceau lumineux dans le brouillard. Pour mieux saisir la question scindons-la en ses éléments constitutifs : 1° Brouillard constitué uniquement par des particules d'eau. 2° Brouillard constitué par des particules solides avec ou sans trace d'humidité. 3° Pénétration du brouillard par la lumière jaune. 4° Influence de l'éblouissement rétrograde sur un observateur.

Utterback a montré que pour un certain type de brouillard (probablement celui cité en 1) la transmission lumineuse maxima se situait au vert du spectre ($\lambda = 5420$) avec un rendement de 87,4 pour 100, qui tombe à 82,2

Digitized by Google

pour le bleu ($\lambda = 4605$) et à 58,1 pour 100 pour le rouge ($\lambda = 6331$). Ces chiffres contredisent l'opinion générale rappelée plus haut. Mais ils proviennent d'expériences faites avec un brouillard artificiel, qui entache un peu la rigueur des conclusions. Il n'est en outre pas certain qu'un brouillard naturel présente un tel caractère de sélectivité. Dans tous les cas il ne semble pas que telle couleur présente des avantages de pénétration réellement considérable. Cependant, il serait intéressant de procéder à quelques essais avec la couleur verte, en raison des résultats signalés par Utterback.

Le centre du sujet n'est d'ailleurs pas là et l'on a souvent tendance à confondre la pénétration lumineuse dans le brouillard et l'éblouissement rétrograde qui constitue, lui, la question importante. S'il était possible de ramener toute l'énergie lumineuse disponible à une bande de fréquence du spectre visible particulièrement favorisée, il est probable que le gain de portée réalisé dans le brouillard ne serait pas énorme, mais que l'éblouissement rétrograde gênerait tout autant.

Le meilleur moyen d'éviter celui-ci, dans la seule mesure possible d'ailleurs, est de réduire l'intensité du faisceau, de l'incliner légèrement sur le côté et de diminuer les radiations vers le haut, qui constituent la cause essentielle de l'éblouissement rétrograde.

m) **Éclairage des rues.** — Après avoir passé en revue les différents points se rattachant à l'éclairage des véhicules automobiles, il convient d'examiner rapidement la question sous un aspect plus large. Les routes et les rues peuvent être généralement classées en 3 catégories distinctes :

1° Les rues principales dont l'éclairage est bon.

2° Les rues suburbaines dont l'éclairage propre est pauvre.

3° Les routes de campagne, sans aucun éclairage propre.

L'accroissement du trafic à grande vitesse a contribué au développement des systèmes d'éclairage locaux puissants, variables suivant leur situation et l'heure d'utilisation.

Une importante question se pose alors : où commencent et se terminent les responsabilités respectives et réciproques des automobilistes et des municipalités ? Les projecteurs sont toujours inutiles pour les rues de la catégorie 1 ; ils servent seulement occasionnellement dans celui de 2 et sont toujours indispensables sur les routes de 3.

Il est certain que si toutes les catégories de routes étaient également éclairées, les projecteurs perdraient totalement leur raison d'être. Ce semble être la tendance américaine. Cette solution serait excellente, mais coûteuse.

Il est cependant très admissible de penser que, dans un avenir plus ou moins éloigné, certaines des routes les plus importantes seront semées de lampes puissantes qui rendront les projecteurs tout à fait inutiles. J. M.

LES LAMPES VALVES A ANODE
REFROIDIES PAR CIRCULATION LIQUIDE (1)

Au moment de l'apparition des premières lampes valves à refroidissement par circulation liquide, la construction des valves de grande puissance à refroidissement par simple radiation devenait de plus en plus délicate et coûteuse. On n'envisageait plus la possibilité d'élever les températures de travail. Le moindre accroissement de radiation conduisait à des dimensions considérables et la fabrication des ampoules de verre devenait difficile sur cette nouvelle échelle de grande puissance. On approchait alors très probablement des limites de construction possible des valves de grand débit, à refroidissement par radiation. La lampe à refroidissement par circulation liquide a reculé ces limites apparentes. Leur apparition sur le marché mondial ne remonte pas à plus de quelque quatre années. Il semble intéressant de relever leur état de perfectionnement en même temps que quelques caractéristiques les concernant.

Elles trouvent le plus généralement une des 3 applications suivantes : lampes oscillatrices, lampes modulatrices ou d'absorption, lampes de redressement. Dans le premier cas, un type normal possède une anode de cuivre de 5 cm de diamètre sur 23 cm de longueur, fermée à l'une de ses extrémités; sur l'autre extrémité est brasée une bague de fer-nickel sur laquelle le cylindre de verre de 70 mm de diamètre est soudé. La cathode et la grille sont à l'intérieur de l'anode. La première est constituée par un fil de tungstène replié en forme de W. Elle doit être alimentée sous 20 v et absorbe alors 50 ampères. La grille est un enroulement hélicoïdal en fil de tungstène très fin supporté par 4 bâtonnets du même métal. La puissance nominale de 12 kw sous 20 000 v à courant alternatif, pour ce type de lampe, donne une représentation du bombardement électrique intérieur que doit fournir la cathode. La grille est chauffée sous le passage du courant de plaque et débite 1,5 kw sous 600 v. Des lampes d'un type plus puissant encore absorbent 18 kw sous 20 000 v dans le circuit plaque et 2 kw sous 600 v dans le circuit grille. La lampe doit être capable de supporter une puissance de 7,5 kw sous 15 000 v sur la plaque, sans osciller, et sans dommage pour son degré de vide. En régime normal d'oscillation elle doit permettre de dissiper 30 kw sous 15 000 v.

Si l'on admet que des questions de câblage limitent à 12 000 v la tension d'anode des lampes d'émission la charge maxima de la plupart des lampes à refroidissement par radiation est déterminée par l'énergie que peut dissiper la plaque sans fondre ou s'amollir.

Dans les lampes à refroidissement liquide, cette limite n'existe pratiquement pas en ce qui concerne le fonction-

(1) *The Electrician* 13 mai 1927.

Digitized by Google

nement à haute fréquence. La limite est seulement imposée par la durée du filament.

La forme de l'onde du courant anodique varie avec le rendement du circuit utilisé, lors du fonctionnement de la lampe en génératrice d'oscillations de haute fréquence. Les conditions de marche en radiotéléphonie sont plus ardues. La lampe peut alors être le siège de tensions entre électrodes atteignant 40 000 v et d'oscillations parasites de très haute fréquence risquant de développer des différences de potentiel encore plus importantes.

Des plaques et des anneaux de garde protègent la lampe en plusieurs endroits contre les effets corona. Un manchon réservoir ménagé tout autour de l'anode facilite la circulation du liquide de refroidissement. Celui-ci peut être de l'eau ou de l'huile.

Pour l'émission sur grandes longueurs d'ondes, il existe des lampes à électrode plus longue et à surface effective de cathode plus importante. La consommation du filament est évidemment plus forte, de 50 pour 100 environ. Pour l'émission sur ondes très courtes on peut utiliser des valves à double culot où le filament et la grille sont montés sur verre aux extrémités opposées du tube. La connexion de grille et sa soudure peuvent supporter en permanence une intensité de 100 ampères.

Pour éviter les effets de pertes diélectriques on remplace parfois l'eau de refroidissement des lampes de ce genre, par de l'huile. Les émetteurs sur ondes courtes dirigées (15 m) d'Angleterre, travaillent avec des tubes de ce type qui fonctionnent en amplificateur à haute fréquence.

Un autre type de valve possède une spirale très ouverte de molybdène qui lui assure une très faible impédance d'anode et un faible facteur d'amplification. Ces caractéristiques sont recherchées pour l'amplification aux fréquences audibles sans distorsion. Ces lampes sont généralement employées en modulatrices et doivent être prévues pour supporter de grosses pertes anodiques. Le refroidissement par circulation liquide s'impose donc ici tout particulièrement. Les lampes de ce genre sont susceptibles de dissiper en permanence 5 kw sur leur plaque sous 12 000 v de courant continu.

La durée ou « vie » d'une lampe est une considération économique dont l'importance varie suivant l'application particulière à laquelle cette lampe est destinée. C'est ainsi, par exemple, qu'elle est tout à fait de second ordre dans les ensembles émetteurs destinés à des formations militaires ou des services d'aviation; le poids, les dimensions, une consommation de courant économique de la part du filament, et une tension d'anode pouvant être fournie par une petite génératrice à courant continu, sont ici les points essentiels. Au contraire, dans les stations commerciales où un travail mensuel moyen de 650 heures n'est pas rare, les frais généraux et d'entretien, et par conséquent, la vie des lampes sont de première importance. La limite de durée d'une lampe est fixée par son filament. Les facteurs qui interviennent sont le diamètre, la surface effective, et l'émission totale demandée. D'une façon générale la vie du filament croît proportionnellement à son diamètre. La tendance actuelle est donc vers le filament à basse tension et forte intensité d'alimentation. La vie et l'émission électronique varient énormément tous les deux avec la tension. Une variation de celle-ci de 5 pour 100 en plus ou en moins peut réduire de moitié ou doubler la vie du filament. A cet égard, et à d'autres encore, l'importance du maintien de l'alimentation à une tension constante apparaît nettement.

La durée moyenne d'une lampe varie entre 2000 et 10 000 heures suivant ses conditions de fonctionnement.

Une expérience de quelques années est nécessaire avant d'être trop affirmatif à ce sujet pour tout nouveau type de lampe créé. J. M.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 25 avril 1927.

Sur la détection par lampes, par M. P. David (1).

Quand on cherche à dépasser l'explication élémentaire et qualitative de la détection par lampe pour analyser les phénomènes et vérifier expérimentalement la théorie, on trouve seulement des travaux incomplets et parfois contradictoires. Nous nous sommes proposé de reprendre la question dans son ensemble.

La détection consiste essentiellement à utiliser la courbure d'une caractéristique. Si, entre deux électrodes d'une lampe, on applique une certaine tension u, le courant i passant, soit entre ces électrodes, soit entre deux autres électrodes du même tube, peut être fonction de la tension u :

$$i = f(u), \tag{1}$$

relation caractéristique que nous appellerons *statique*.

Les parties utiles à la détection sont celles où cette relation n'est pas linéaire, c'est-à-dire que si la tension u comprend une tension moyenne $\overline{u}$ et une tension alternative $U \sin \Omega t$, la valeur moyenne du courant i, exprimée par

$$\overline{i} = \frac{1}{2\pi} \int^{2\pi} f(\overline{u} + U \sin \Omega t)\, d\Omega t,$$

n'est pas égale à $f(u)$, mais bien une certaine fonction de U

$$\overline{i} = \varphi(\overline{u}, U), \tag{2}$$

relation que nous appellerons caractéristique *dynamique* et que l'on peut représenter par un réseau de courbes, en fonction des deux variables $\overline{u}$ et U.

Dès que l'on connaît cette relation, la détection est théoriquement définie. Il suffit en effet de tenir compte, dans chaque cas particulier, de l'impédance du circuit traversé par le courant i (par exemple le condensateur shunté, s'il s'agit du circuit de grille). Les relations auxquelles on arrive sont généralement trop complexes pour pouvoir être résolues algébriquement; mais, dans la presque totalité des cas, une simplification est légitime : c'est que la tension U alternative consiste en de petites variations ΔU à partir d'une tension alternative fixe U_1, relativement grande (amplitude de l'onde

(1) Séance du 20 avril 1927.

Digitized by Google

porteuse dans la réception téléphonique, amplitude de l'oscillation locale dans la réception hétérodyne ou superhétérodyne). Dans ces conditions, la détection ne dépend que des deux dérivées partielles $\frac{\partial \varphi}{\partial u}, \frac{\partial \varphi}{\partial U}$ de l'expression (2), et elle peut être mise dans tous les cas sous forme algébrique simple.

L'étude de la détection est donc ainsi ramenée à la détermination des caractéristiques dynamiques (2). On peut les relever expérimentalement ; on peut les déduire graphiquement de la caractéristique statistique (1). Mais le plus intéressant est de les calculer, en attribuant à la caractéristique (1) une expression analytique précise. Très souvent, on assimile cette caractéristique à une parabole ; parfois aussi, à une exponentielle ; ou bien on la divise en deux fragments, l'un rectiligne, l'autre parabolique ou également rectiligne. Nous avons constaté que ces diverses hypothèses, prises isolément, sont également incapables de donner satisfaction. Pour expliquer correctement les phénomènes observés, il faut les employer l'une après l'autre, suivant l'amplitude initiale U_1 de la tension appliquée.

TYPE DE MONTAGE	PROPRIÉTÉ UTILISÉE	VALEUR de l'amplitude initiale U_1 optimum.	SENSIBILITÉ pour de petites variations à partir de U_1 (courant détecté par volt alternatif appliqué).	FIDÉLITÉ (Influence de la fréquence de modulation ou de battement.)
Lampe triode :				
Condensateur shunté sur grille.	Carbure de la caractéristique de grille.	0.2 à 0,5 volt eff.	0,34 à 0,4 milli-ampère.	La fidélité est acceptable dans la gamme audible, moyennant précautions ; mais le rendement baisse énormément aux fréquences superaudibles.
Polarisation négative de la grille.	Courbure de la caractéristique de plaque.	Quelques volts eff.	0,13 à 0,16 milliampère.	Le rendement est indépendant de la fréquence de battement)
Alimentation de la plaque en alternatif.	Convergence des caractéristiques de plaque pour la tension plaque nulle.	20 à 40 volts eff. (sur la plaque.	Environ 0,035 milliampère.	
Lampe bigrille :				
Alimentation de la grille *intérieure* en alternatif.	Convergence des caractéristiques de plaque pour la tension de grille intérieure nulle.	10 à 20 volts eff. (sur la grille intér.).	Variable de l'ordre de de 0,13 à 0,35 milliampère.	

Le résultat de notre étude est alors le suivant :

Pour tous les systèmes, le rendement de la détection commence par s'améliorer lorsque l'amplitude initiale U_1 de l'onde porteuse ou de l'oscillation locale augmente. Puis ce rendement devient indépendant de U_1 : la courbe de détection présente une partie rectiligne, dans laquelle le courant détecté est rigoureusement proportionnel à l'amplitude des petites variations ΔU. Cette partie doit être utilisée systématiquement, pour avoir le maximum de sensibilité et le minimum de distorsion. Nous donnons ci-dessus très approximativement et pour la moyenne des lampes françaises essayées ses caractéristiques, avec les différents montages de détection employés.

Enfin nous avons montré que la détection dans le superhétérodyne normal n'est pas, comme on le croit et malgré la présence du condensateur shunté, une détection par la grille, mais en réalité une détection par la courbure de la caractéristique de plaque.

Décharge sans électrodes en ondes amorties et en ondes entretenues. Spectres continus du césium et du potassium, par M. Georges Balasse.

I. La décharge sans électrodes en ondes amorties, produites à partir d'un éclateur alimenté par une source à grande différence de potentiel alternative, donne, on le sait, des spectres riches surtout en raies d'étincelle. Un tel mode de décharge est cependant susceptible de donner un spectre ne comportant que des raies d'arc seulement. De mes recherches faites sur la vapeur de césium, il résulte que :

1° A une température de 150° environ, le spectre comporte les raies d'étincelle (les raies d'arc ne sont que faiblement représentées) ;

2° La température s'élevant, le spectre d'étincelle fait place progressivement au spectre d'arc (1) ; en même temps, à partir de 200°, un spectre continu, localisé dans la région du tube la plus faiblement excitée, apparaît. Il gagne d'abord en intensité au fur et à mesure que le spectre d'arc s'intensifie (G. Balasse et O. Goche). Il s'étend dans tout le spectre visible et au delà de la limite de la série principale du spectre d'arc. Les conditions physiques au cours desquelles ce spectre continu se présente m'ont fait supposer qu'il était produit par la recombinaison de l'atome de césium une fois ionisé, avec un électron extérieur d'énergie cinétique variable. Il naîtrait, par exemple, au moment où la pression de vapeur de césium serait telle qu'il ne serait plus possible à l'électron optique d'atteindre les trajectoires à grands nombres de quanta. Le calcul expliquerait l'émission de ce spectre continu si l'on admettait l'existence possible de la chute d'un électron extérieur, possédant une certaine énergie cinétique de départ, sur les trajectoires de l'électron à partir desquelles s'effectue l'émission du spectre d'arc. Une hypothèse similaire a d'ailleurs été admise par Bohr (2) pour expliquer la présence de bandes continues d'absorption s'étendant de la limite de la série principale des métaux alcalins vers les longueurs d'ondes courtes,

Pour le césium, la suite des spectrogrammes obtenus à température croissante et pour des tensions variant jusqu'à 40 000 v montrent :

1° Que le spectre continu acquiert son maximum d'intensité pour des conditions d'excitation telles que les spectres d'arc et d'étincelle existent simultanément avec une intensité comparable ;

(1) L. Dunoyer. *Recherches sur la luminescence des gaz dans la décharge sans électrodes. Spectres d'induction du césium et du rubidium* (*Journal de Physique*, 5, août 1922, p. 261.

(2) Cf. A. Sommerfeld, *La constitution de l'atome et les raies spectrales*, 1923, p. 536.

Digitized by Google

2° Que le spectre continu n'apparaît pas si le spectre d'étincelle existe seul (les raies d'arc n'étant que très peu intenses) : la quasi-totalité des atomes sont et demeurent ionisés, le nombre de recombinaisons d'électrons extérieurs à des atomes ionisés est très restreint ;

3° Que le spectre continu n'apparaît pas si les raies d'étincelle ont disparu pour faire place aux raies d'arc : il n'existe plus d'atomes ionisés, donc plus de recombinaisons entre atomes et électrons.

J'ai observé sur les spectrogrammes présentant le spectre continu, la série $1s - md$, non compatible avec le principe de sélection.

Des spectrogrammes obtenus, dans les mêmes conditions, avec la vapeur de potassium présentent aussi un spectre continu analogue.

Une étude du spectre du cadmium produit à partir du même mode de décharge, faite par M. F. Esclangon (1), mentionne l'apparition de spectres continus du cadmium qui semblent être de même nature que celui que j'ai observé pour le césium. Ils semblent être autant de spectres continus intermédiaires entre les états notés dans l'étude de M. Esclangon :

Cd I et Cd II, Cd III, Cd IV,

Cd I, Cd II et Cd III, Cd IV,

Cd I, Cd II, Cd III et Cd IV.

J'ai séparé deux spectres d'étincelle du Cs, à l'aide des mêmes critères que ceux qui ont permis à MM. L. et E. Bloch de fractionner le spectre d'étincelle du mercure par la considération des raies longues ou courtes (2). Etant donnée la configuration que la théorie de Bohr prévoit pour l'atome de césium, il semble difficile d'admettre comme MM. L. et E. Bloch en ce qui concerne le mercure, que les deux spectres d'étincelle du Cs que j'ai obtenus correspondent à des atomes ionisés par le départ d'un, puis de deux électrons : il s'agit de deux spectres, d'excitation différente, mais correspondant à un même degré d'ionisation. D'après les résultats que j'indique, et ceux de M. Esclangon, je pense que la séparation des raies par leur longueur ne peut être le critérium certain d'un passage d'un état ionisé p fois à un état ionisé $p+1$ fois, mais que l'existence d'un spectre continu entre deux séries différenciées est un critérium certain d'un tel passage.

J'ai tenté de produire la décharge sans électrodes en ondes entretenues (R. Mœns) pour différents corps : Hg, HCL, I, Cs, K et j'ai obtenu pour chacun d'eux des décharges lumineuses stables. Des spectrogrammes obtenus pour Hg, Cs, K comportent uniquement les raies d'arc, parfois extrêmement intenses, de ces corps.

Jamais pour Cs et K, le spectre continu n'est apparu. Ce fait est bien conforme aux hypothèses faites quant à l'origine de ce spectre continu. J'ai étudié, pour le Cs, l'influence de la fréquence du champ électromagnétique sur la composition de la luminescence : pour les longueurs d'ondes comprises entre 155 m et 880 m, les spectres de la décharge n'ont pas varié.

Les ondes entretenues ont été produites par des montages ordinairement employés. J'ai utilisé 2 lampes d'émission de 75 w groupées en parallèle. La tension de plaque était de 1500 v. L'intensité efficace dans le circuit oscillant était de 10 ampères.

(1) Félix Esclangon, *Séparation des spectres de divers ordres du cadmium* (*Journal de Physique*, 7, 1926, p. 52).

(2) L. et E. Bloch, *Spectres d'étincelle d'ordre supérieur du mercure* (*Journal de Physique*, 4, octobre 1925, p. 333).

Séance du 2 mai 1927.

Sur l'énergie rayonnée par les réseaux électromagnétiques, par M. R. Mesny.

Sous la forme où les réseaux se présentent dans la pratique, l'énergie qu'ils rayonnent ne peut pas s'exprimer en termes aisément maniables ; mais si l'on substitue à l'ensemble des fils parallèles parcourus par des courants égaux une nappe continue de courant, l'énergie émise se représente par des formules simples applicables aux réseaux réels car le champ de ces derniers diffère peu de celui des nappes.

Soit une nappe plane dont la longueur l est comptée normalement à la direction du courant. Nous supposerons sa hauteur h, prise dans la direction du courant, très petite par rapport à la longueur d'onde ; c'est une approximation identique à celle que l'on fait en remplaçant une antenne linéaire par un doublet. Nous définirons la direction d'un point éloigné par les angles ψ et θ qu'elle forme avec la direction de la longueur de la nappe et avec celle du courant ; nous appellerons axe de la nappe la normale à son plan, en son milieu. L'amplitude du champ au point considéré est proportionnelle à

$$E = \frac{\sin\left(\frac{\pi l}{\lambda}\cos\psi\right)}{\frac{\pi l}{\lambda}\cos\psi}\sin\theta.$$

Si K est la densité de puissance rayonnée dans l'axe $\left(\psi = \theta = \frac{\pi}{2}\right)$, la puissance totale dépensée est

$$W_1 = K\int_\Sigma A^2 d\Omega,$$

$d\Omega$ étant la différentielle d'angle solide et l'intégrale étant étendue à un angle solide de 4π. On trouve

$$W_1 = \frac{2K\lambda}{l}\left[\frac{\lambda}{2\pi l}\left(1 - \frac{\sin\frac{2\pi l}{\lambda}}{\frac{2\pi l}{\lambda}}\right) + \int_0^{\frac{\pi l}{\lambda}} \frac{\sin^2 u}{u^2} du\right].$$

La dernière intégrale prise entre zéro et l'infini est égale à $\frac{\pi}{2}$ et il arrive que pour toutes les valeurs de l supérieures à $1{,}3\lambda$ la valeur numérique du crochet reste égale à cette quantité à moins de 1/100 près ; on peut donc écrire :

$$W_1 = \frac{K\pi\lambda}{l}.$$

Revenons à un réseau discontinu de même longueur et contenant n antennes et calculons la constante K, la densité de puissance rayonnée dans l'axe est (U.E.M.)

$$K = \frac{c}{4\pi} H^2_{\text{eff}},$$

c étant la vitesse de la lumière et H le champ magnétique. En remarquant que dans cette direction les champs des n antennes s'ajoutent arithmétiquement et en appelant I_{eff} l'intensité dans chaque antenne, on trouve en *unités pratiques* :

$$W_1 = 30\pi^2 \frac{h^2}{\lambda l} n^2 I^2_{\text{eff}}.$$

En remplaçant le réseau simple précédent par deux réseaux parallèles et de même axe, distants d'un quart d'onde et dans lesquels les courants sont décalés de $\frac{\pi}{2}$, le rayonnement devient unilatéral et l'on trouve, en désignant encore par n le nombre des antennes dans *un seul* rideau :

$$W_2 = 2W_1.$$

Digitized by Google

Ces formules permettent de résoudre un problème intéressant : *Quel est le rapport de l'énergie rayonnée dans l'axe d'un réseau à celle que rayonnerait dans son équateur une antenne isolée dépensant la même puissance totale ?*

La puissance rayonnée par une seule antenne est

$$W' = 80\pi^2 \frac{h'^2}{\lambda^2} I'^2_{eff};$$

d'autre part, le rapport des densités d'énergie rayonnées dans l'axe d'un réseau simple ou double et dans le plan équatorial d'une antenne unique, est

$$\frac{w_1}{w'} = n^2 \frac{h^2}{h'^2} \frac{I^2_{eff}}{I'^2_{eff}} \quad \text{ou} \quad \frac{w_2}{w'} = 4n^2 \frac{h^2}{h'^2} \frac{I^2_{eff}}{I'^2_{eff}}.$$

En égalant w' à w_1 ou w_2, on trouve pour les deux cas :

$$\frac{w_1}{w'} = 2{,}67 \frac{l}{\lambda} \quad \text{et} \quad \frac{w_2}{w'} = 5{,}33 \frac{l}{\lambda}.$$

Par exemple, à dépense égale, un rideau double de cinq longueurs d'onde rayonne dans l'axe 27 fois plus d'énergie qu'une antenne unique.

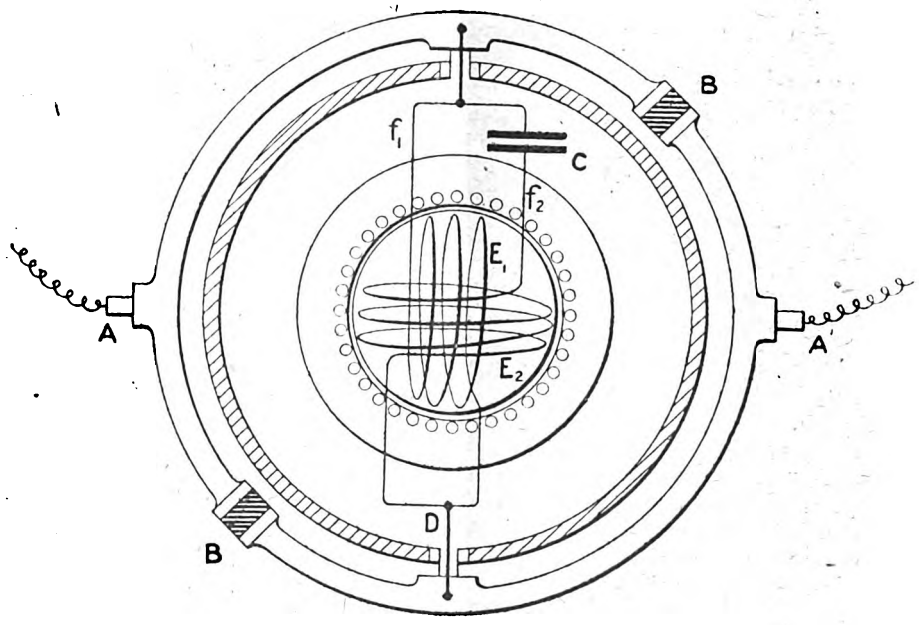
On peut encore remarquer que la résistance totale de rayonnement des deux types de réseaux est

$$R_1 = 30\pi^2 \frac{h^2}{\lambda l} n^2 \qquad (R_2 = 2R_1),$$

d'où l'on déduit que la résistance moyenne d'une seule antenne de ces réseaux est dans les deux cas

$$r = 30\pi^2 \frac{2}{\lambda l} n.$$

En comparant cette expression à la résistance $80\pi^2 \frac{h^2}{\lambda^2}$ d'un doublet, on voit que le groupement de plusieurs antennes augmente notablement la résistance de rayonnement de chacune d'elles considérée isolément. Si, par exemple, l'intervalle



entre deux antennes est égal à un quart d'onde, chaque antenne voit sa résistance multipliée par 1,5 environ. On se rend facilement compte de la cause physique de ce phénomène en remarquant que cet accroissement est produit par la composante du champ des antennes voisines qui, sur une antenne donnée, se trouve en opposition avec le courant dans cette antenne (1).

Sur un gyroscope alimenté en courant alternatif par ses axes de suspension, par M. Armand de Gramont.

Un gyroscope qui doit tourner à grande vitesse ne peut être alimenté par du courant continu d'une façon prolongée. La solution habituellement employée consiste à utiliser un courant triphasé qui est envoyé à un stator central entouré par un rotor à cage d'écureuil.

L'alimentation d'un tel gyroscope peut se faire par des contacts à mercure, dont on connaît les inconvénients, ou au moyen de trois fils solidaires, d'une part de la cage de l'appareil et d'autre part du stator. Ces trois fils, quelque légers qu'ils soient, entraînent par leur réaction sur le gyroscope des perturbations irrégulières : il en résulte des précessions dont on ne peut prévoir le sens.

Pour obvier à ces inconvénients, nous avons essayé d'alimenter un gyroscope par les axes d'oscillation de son support : nous employons à cet effet un groupe électrogène produisant du courant alternatif monophasé, et nous transformons ce courant en *bi*phasé (1) ou en triphasé dans le stator lui-même. Le dispositif qui produit du *bi*phasé est représenté sur la figure qui montre schématiquement une coupe perpendiculaire à l'axe de rotation du tore : le courant amené à l'axe A emprunte le cercle de suspension coupé en B par un isolant et se divise à l'entrée du stator en deux enroulements E_1 et E_2

(1) L. Brillouin, *Radioélectricité*, 3, avril 1922, p. 147-155.

(1) Il est regrettable de voir l'Académie des sciences continuer à donner l'exemple du mauvais emploi des mots, car tandis qu'on y relève souvent le mot ***voltage*** ou *ampérage* au lieu de tension et intensité nous y trouvons aujourd'hui le mot *biphasé* à côté de monophasé et de triphasé. Rappelons que l'emploi de ces deux derniers mots formés des racines grecques *mono* et *tri* implique l'emploi du mot ***diphasé*** et non *biphasé* qui a lui une racine latine.

N. D. L. R.

Digitized by Google

sensiblement orthogonaux, mais d'impédance différente.

L'enroulement E_1 est connecté directement avec l'axe A par le fil f_1; le deuxième enroulement E_2 est alimenté par le fil f_2 à travers un condensateur C qui introduit un déphasage: on essaie de rendre ce déphasage aussi voisin que possible de $\frac{\pi}{2}$; il atteint en pratique une valeur suffisante pour que le gyroscope fonctionne comme s'il était alimenté en courant diphasé par quatre fils. Les deux enroulements se réunissent en D et le circuit se ferme par l'axe A'.

Nous sommes arrivé, dans ces conditions, à faire tourner, à la pression atmosphérique, un tore de 80 mm de diamètre, pesant environ 800 gr, à des vitesses qui ont atteint 22000 t : min.

Nous avons pu également, en partant du même courant monophasé et en agissant sur trois circuits au lieu de deux, alimenter le gyroscope par un courant triphasé (1). Le déphasage peut être modifié par des résistances ou des selfs convenablement disposées. On obtient alors un courant triphasé parfaitement équilibré.

Séance du 9 mai 1927.

Des conditions de la mort par le tétanos électrique chez les Poissons, par M. Charles Richet.

Il y a plusieurs années, j'ai étudié le *tétanos électrique* sur les Mammifères (notamment sur les chiens). Je viens de refaire la même expérience sur les Poissons.

L'excitation était produite par des courants d'induction, d'une fréquence d'environ 70 par seconde, le courant primaire étant de 4 v.

Le poisson était retiré de l'eau pendant l'électrisation. Un des pôles était à la bouche, et l'autre à l'anus, de manière à faire traverser tout le corps par les courants électriques.

J'ai été amené à constater ainsi plusieurs faits, de différente importance.

1° Il va de soi qu'on ne peut comparer entre eux, pour la sensibilité à l'action électrique, que des Poissons de taille à peu près égale, car à égalité d'excitation la densité électrique n'est pas la même selon la taille. Un Serran de 35 gr est mort après 30 secondes d'électrisation, tandis qu'un autre, de 50 gr, a survécu à 40 secondes d'électrisation. Un *Scorpœna porcus* de 70 gr est mort après une minute, un *Scorpœna* de 600 gr n'est pas mort après deux minutes.

2° Certains Poissons (et naturellement surtout ceux de petite taille) succombent après quelques secondes d'électrisation. La mort est presque instantanée (5 secondes) chez les Poissons qui pèsent moins de 20 gr. Même chez les Poissons de plus grande taille (au-dessous de 300 gr) la mort survient parfois assez vite.

Elle n'est pas due à l'arrêt du cœur, mais à une paralysie du système nerveux central, et notamment du centre respiratoire. En observant ces animaux après qu'ils ont été électrisés, on constate qu'ils ne peuvent plus respirer. Souvent, malgré la longue pause respiratoire qui succède à l'électrisation, on voit la vie reprendre par quelques frémissements musculaires dans les opercules, frémissements d'abord inefficaces, mais qui finissent, au bout de 5 à 10 minutes, par rétablir une respiration à peu près normale. Alors l'animal est sauvé, et assez vite il reprend ses fonctions musculaires et nerveuses.

C'est l'intégrité de l'équilibre qui reparaît en dernier lieu.

(1) De même il est plus correct de dire « *des courants triphasés* » plutôt *qu'un courant triphasé*.

Chez les Serrans il y a une contracture des opercules, qui alors restent largement ouverts. Malgré cette ouverture des opercules, et par conséquent une respiration à peine efficace, souvent les Serrans ainsi électrisés ont gardé encore tous leurs réflexes.

3° On peut facilement constater des différences considérables quant à la résistance à la mort par électrisation, chez des Poissons d'espèces différentes.

Je me contenterai de quelques exemples.

	POIDS en grammes.	DURÉE de l'électrisation en secondes.	MORT (M) ou survie (S).
Poissons de 180 à 280 gr.			
Box Salpa.	280	40	M
Uranoscopus scaber.	265	150	S
Scorpœna Porcus . .	225	105	S
Scyllium catulus . .	180	540	S
Poissons de 70 à 85 gr.			
Sargus vulgaris. . .	85	25	M
Tinca vulgaris . . .	85	210	S
Scorpœna Porcus . .	70	45	S
Scorpœna Porcus . .	70	60	M

On pouvait d'ailleurs s'y attendre; car la physiologie, autrement dit la résistance du système nerveux, est, selon l'espèce, extrêmement variable dans la classe des Poissons (notamment pour l'asphyxie), tandis que les Oiseaux, et même les Mammifères, ont une physiologie bien plus homogène. Chez les Poissons d'espèces différentes, la fragilité du système nerveux varie beaucoup, au moins dans la proportion de 1 à 20.

4° J'ai surtout porté mon attention sur l'influence qu'exerce la température, et j'ai constaté que la fragilité du système nerveux est d'autant plus grande que la température du Poisson est plus élevée.

Ne pouvant faire cette étude sur beaucoup d'espèces, j'ai pris un poisson d'eau douce (*Tinca vulgaris*) et un poisson de mer (*Serranus cabrilla*).

TEMPÉRATURE (1)	POIDS de l'animal (en grammes).	DURÉE de l'électrisation (en secondes).	MORT ou survie.
1° *Tanches* (Poids moyen : 55 gr).			
5°	55	210	S
5.	65	210	S
12.	45	210	S
12.	45	210	S
12.	85	210	S
25.	40	210	M
25.	55	210	M
25.	145	210	M
2° *Serrans* (Poids moyen : 55 gr).			
6°	40	27	S
6.	50	40	S
6.	55	50	S
16.	50	27	S
16.	55	25	S
22.	45	27	M
22.	65	27	M
22.	70	50	M
25.	55	25	M
25.	65	28	M
21.	70	50	M
26.	50	25	M

(1) Ce n'est pas la température même du poisson qui a été prise, mais celle du milieu dans lequel il a vécu depuis un quart d'heure.

Digitized by Google

En faisant les moyennes, on trouve, en chiffres ronds :

TEMPÉRATURE	POIDS (en grammes).	DURÉE de l'électrisation (en secondes).	RÉSULTAT
9°	50	30	S
23.	60	28	M(1)

(1) On remarquera la différence considérable entre les Serrans et les Tanches (à égalité de taille). Les Tanches survivent à 210 sec. d'électrisation, tandis que jamais les Serrans ne peuvent supporter plus de 50 sec.

Par conséquent, tant sur les Tanches que sur les Serrans, il est avéré que la mort par l'électrisation est plus rapide, si la température du Poisson est plus élevée. On peut en inférer (encore que ce ne soit qu'une hypothèse) que l'action électrique qui paralyse les cellules nerveuses *agit plutôt chimiquement que physiquement*. En effet les phénomènes chimiques intracellulaires sont d'autant plus intenses que la température est plus élevée (2).

Sur le mécanisme de l'émission d'un rayonnement par les cellules de grande résistance électrique, par M. G. Reboul.

Un corps très résistant traversé par un courant électrique présente quelques analogies avec le gaz d'un tube à décharge : l'étude de la répartition du potentiel montre qu'il y a des chutes notables de ce dernier dans le voisinage des électrodes. L'existence de ces chutes suffit pour expliquer l'émission du rayonnement par un mécanisme analogue à celui de la production des rayons X, elle permet aussi de prévoir quelques-uns des résultats quantitatifs donnés par l'expérience.

1° *Variation en fonction du temps du courant à travers une cellule.* — Soit v la chute de potentiel que le passage du courant fait naître dans le voisinage des électrodes; admettons que sa variation dv pendant le temps dt est proportionnelle à ce temps et à l'intensité i du courant qui traverse la cellule à l'instant t; on a

$$(1) \qquad dv = K i dt;$$

si V est la tension aux électrodes de la cellule, et r sa résistance, la loi d'Ohm donne à l'instant t : $V - v = ri$ ou $dv = -rdi$. En portant dans (1) et en intégrant on obtient

$$\log i = -\frac{K}{r} t + \text{const.}$$

Si l'intensité initiale est i_0 et si i_∞ est celle qui traverse la cellule au temps $t = \infty$, la formule donnant les variations de l'intensité du courant en fonction du temps, peut s'écrire :

$$i - i_\infty = (i_0 - i_\infty)\, e^{-\frac{K}{r} t}.$$

Les résultats de l'expérience vérifient très bien cette formule, sauf pendant les premiers instants (le régime n'étant probablement pas encore établi). La vérification a été faite avec un certain nombre de sels alcalins et alcalino-terreux; on peut aussi le faire sur les résultats donnés par M. Bodin (1) dans sa Thèse (p. 42).

2. *Variation en fonction du temps des chutes de potentiel au voisinage des électrodes.* — On tire facilement des formules qui précèdent la valeur de v qui se présente sous la forme $v = \beta - \alpha e^{-at}$.

La vérification a été faite avec succès (sauf pour les premiers instants) sur les résultats obtenus avec un certain nombre de sels alcalins et alcalino-terreux; on peut aussi la faire avec les valeurs données par M. Bodin dans sa Thèse (p. 59).

3. *Variation en fonction du temps de l'intensité du rayonnement émis par les cellules.* — Si nous admettons que le rayonnement est dû aux charges électriques qui franchissent les chutes de potentiel dans le voisinage des électrodes, l'énergie rayonnée R doit être proportionnelle à la chute de potentiel v et à l'intensité du courant i, par conséquent au produit vi. En remplaçant v et i par les valeurs trouvées plus haut, on obtient une expression de la forme

$$R = K_1 e^{-at} - K_2 e^{-2at} + K_3.$$

La courbe représentative de cette équation présente un maximum pour

$$t_m = \frac{1}{a} (\text{Log}\, 2K_2 - \text{Log}\, K_1).$$

Les résultats d'expériences faites avec de nombreux sels, notamment des sels alcalins et alcalino-terreux, donnent trois types de courbes pour les variations de R en fonction de t. Dans le premier type, R croît d'abord avec t, passe par un maximum, puis décroît plus ou moins lentement; ce type correspond bien à l'équation précédente; dans ce cas t_m a une valeur appréciable. Dans le deuxième type, R croît avec t et tend vers une limite; cela correspond au cas où t_m a une valeur très grande; on obtient seulement la partie ascendante de la courbe correspondant à l'équation. Enfin, dans le troisième type, R décroît constamment quand t augmente; on n'a que la partie descendante de la courbe représentative; ce type correspond au cas où t_m a une valeur très petite.

(2) Je n'ai pas pu prolonger, pour les Serrans, la vie dans un milieu refroidi. A 6° ils meurent en une demi-heure. De même d'autres Poissons (méditerranéens, mis dans de l'eau à 2° ou 3° (*Crenolabrus*, *Iulis*, *Sargus*), au bout d'une demi-minute perdent l'équilibre et ne respirent plus qu'à peine. Ils meurent en 10, 20 ou 25 minutes. De même les Serrans.

Cette impuissance des Poissons (méditerranéens) à vivre dans un milieu froid est un fait sur lequel je compte revenir prochainement.

En général, les autres vertébrés hétérothermes supportent le froid prolongé sans accident, et l'on sait que beaucoup de Poissons vivent (à Terre-Neuve par exemple et dans les mers arctiques) à des températures voisines de 6° ou 7°, et souvent beaucoup plus basses.

(1) R. Bodin, *Annales de Physique*, 10e série, 7, 1927, p. 55.

REVUE DE LA PRESSE

TÉLÉGRAPHIE

Le nouveau câble télégraphique allemand des Açores. — On sait qu'en exécution du traité de Versailles, l'Allemagne a dû céder à l'Angleterre, d'une part, et à la France, d'autre part, les deux câbles télégraphiques de la Compagnie de télégraphie transatlantique allemande.

Elle vient de terminer la pose d'un nouveau câble destiné à remplacer l'un des deux qu'elle a livrés, entre Borkum et Horta, dans l'Ile Fayal (Açores), où elle rejoint la station de l'Eastern Telegraph Company.

De Horta à New-York, le trafic est repris par la Western Union Telegraph Company et la Commercial Cable Company; il est assuré au moyen d'un imprimeur multiplex grâce auquel on peut transmettre, sur chacun des cinq circuits que comporte la ligne, 500 signaux par minute.

Digitized by Google

Comme il fallait pouvoir tirer du câble tout le rendement possible, on a eu recours à un câble « permalloy », fabriqué en 1925 dans les ateliers des Norddeutsche Seekabelwerken, filiale de la Felten und Guilleaume Ag.

Le conducteur est formé d'un conducteur central de 3,5 mm de diamètre, autour duquel sont déposés 6 rubans de cuivre de 0,35 mm d'épaisseur et 2 mm de largeur.

Il est recouvert d'un ruban de permalloy, fourni par la Western Electric Company, et ayant 0,15 mm d'épaisseur et 2,5 mm de largeur; le permalloy est, comme on le sait, un alliage de haute perméabilité, fait de 78 parties de nickel et 22 parties de fer.

Le ruban de permalloy est enroulé autour des conducteurs de façon qu'un léger intervalle existe entre les spires et que l'on n'ait pas affaire à une gaine continue, qui donnerait lieu à des distorsions magnétique et influerait défavorablement sur les propriétés du câble.

Sur le ruban de permalloy est ensuite déposée une couche d'asphalte plastique, grâce à laquelle le conducteur possède une certaine mobilité à l'intérieur de l'isolement en gutta-percha.

Cette couche plastique absorbe les efforts externes pouvant résulter des flexions, déplacements, etc., du câble et empêche que ces efforts se reportent sur la gaine de permalloy et la déforment.

L'solement comprend 3 couches de gutta; dans les basses eaux pour protéger le câble contre les détériorations, la couche de gutta est couverte à son tour par une armure formée d'un ruban de laiton de 0,1 mm d'épaisseur et 20 mm de largeur.

Sur cette armure sont enfin déposées une bande tannée, deux couches de jute, l'armure usuelle en fils goudronnés (chaque fil est goudronné séparément) et, dans les eaux profondes, une double couche de jute.

Le câble comporte, par mille nautique, 500 livres anglaises de cuivre, 335 de gutta-percha et 65 de permalloy que le cahier des charges prévoyait, l'inductance serait de 100 millihenrys par mille nautique, pour des courants de 5 ampères et 50 per : sec, la capacité, de 0,59 microfarads par mille et l'amortissement total de 8,4.

Le câble est exécuté en différents types :

Câble côtier de Borkum. .	3 milles nautiques de câb.		A, à 3 conduct.
Câble de Basse mer. . . .	76	—	—	E, à 2 —
— —	619,5	—	—	E, à 1 —
Câble de Transition. . . .	6,5	—	—	B, à 1 —
— —	36,5	—	—	D_1, à 1 —
Câble de Haute mer. . . .	958,1	—	—	D, à 1 —
Câble de Transition. . . .	182,9	—	—	D_1, à 1 —
— —	15,7	—	—	D_1, à 2 —
— —	4	—	—	B, à 2 —
Câble côtier de Horta. . .	1.4 milles nautique, type		A, 3 conduct.
— — . .	0.6	—	—	G, 3 —
— — . .	0.2	—	—	A, 3 —
En plus	0,996 milles naut. de câble terrestre à Borkum.		
	et 0,795	—	—	à Horta.

Les différents types répondent aux caractéristiques ci-après :

TYPE	NOMBRE de conducteurs.	Fils d'armure mm.	DIAMÈTRE mm.	POIDS en tonnes par mm.	REMARQUES
A. Côtier à armure de plomb. .	3	17 × 7.62	57	20.960	Rl = Armure en ruban laiton.
A. Côtier	3	15 × 7,62	52	14.600	Rl.
G. Côtier	3	15 × 7,62 / 6 × 8,64	72	31.740	Rl. Double armure.
E. Basse mer	2	15 × 7,21	49	12.910	Rl.
B. Transition	2	20 × 5,08	45	9.550	Rl.
D_1. —	2	24 × 3,4	42	6.940	Rl.
E. Basse mer.	1	10 × 7,21	38	8.160	Rl.
B. Transition	1	12 × 5,08	31,5	8.250	Rl.
D_1. —	1	16 × 3,05	28,5	5.098	Rl.
D. Haute mer.	1	18 × 2.11	24	1.918	

La pose du câble a été faite par le fabricant au moyen de son navire spécial « Neptune »; ce vapeur a 139,4 m de longueur, et 17,4 m de largeur; c'est un bâtiment aménagé pour pouvoir servir à volonté comme poseur de câble ou pour le transport des pétroles.

Il possède 4 cuves à câbles, l'une de 13 m de diamètre, les trois autres de 14,50 m; ces citernes peuvent recevoir 8000 tonnes de câbles; la propulsion est assurée au moyen de deux machines à triple expansion d'une puissance totale de 2 700 ch.

La pose s'est faite en deux fois; la première section, de 666,7 milles nautiques, entre Borkum et l'entrée de la Manche, a été posée entre les 7 et 12 août dernier; la seconde, 1216 milles nautiques, entre le 15 septembre et le 1er octobre (1). H. M.

T. S. F.

Filtre thermo-ionique pour l'alimentation des récepteurs par courant alternatif. (*L'Onde électrique*, avril 1927.) — L'alimentation des récepteurs radiotélégraphiques par courant alternatif de secteur est une question si importante pour accroître les débouchés de l'industrie de la T. S. F. que nous tenons à signaler toutes les recherches faites dans ce sens qui nous paraissent susceptibles d'applications intéressantes. M. Fromy, ingénieur au Laboratoire Central de la télégraphie militaire, auteur de travaux très intéressants en radiotélégraphie et télémécanique, a pensé à réaliser les redresseurs thermo-ioniques à valves déjà connus, débitant sur un filtre électrique, mais en remplaçant la self-inductance de valeur élevée, de ce filtre, par une valve diode placée dans certaines conditions de fonctionnement.

Le filtre habituel de ce genre de redresseur (1) comporte une capacité d'entrée, qui se charge sous le débit ondulé des circuits plaques de triodes et se décharge en régime continu sur une autre capacité, dite de sortie, à travers une impédance élevée (de l'ordre de 50 à 100 henrys), jouant un rôle régulateur. Cette dernière capacité tient alors lieu de batterie de pile.

Cependant, le filtrage n'est jamais parfait et la self-induc-

(1) Giess, *Archiv für Post und Telegraphie* décembre 1926, p. 281-291.

(1) Voir étude parue dans *l'Industrie électrique* du 10 décembre 1925, sur l'alimentation directe par le secteur des récepteurs radiotélégraphiques.

Digitized by Google

tance qui demande à être très soigneusement conditionnée, admet encore des composantes de courant ondulé.

M. Fromy a eu l'idée très ingénieuse de remplacer cette impédance par une lampe thermo-ionique à 2 électrodes, en état de saturation interne. On sait, que cet état s'atteint facilement par une relation convenable entre le chauffage du filamentet la tension à laquelle se trouve soumis e la plaque. Le courant filament-plaque reste alors rigoureusement constant pour toutes les valeurs de cette tension, supérieures à une valeur limite, fixée par l'émission électronique du filament, c'est-à-dire son chauffage.

La valve peut donc constituer un élément régulateur très intéressant et très sûr, monté de la façon suivante :

La source de tension *ondulée* est appliquée au circuit plaque, de telle sorte que le potentiel de plaque soit toujours supérieur à celui du filament. Soient V_1 et V_2 les valeurs limites inférieures et supérieures de cette tension de plaque ondulée. Si, pour un chauffage déterminé du filament, la tension inférieure V_1 est supérieure à la tension limite de saturation, on conçoit très bien que le débit du circuit filament-plaque restera constant sous les variations de tension de V_1 à V_2. En d'autres termes la valve constitue un filtre parfait, pour toutes les composantes périodiques de la source ondulée, quelles que soient leurs fréquences. Elle remplace donc avantageusement la self inductance du montage habituel.

L'effet régulateur est même tellement régulier qu'il ne devient plus utile de jumeler 2 lampes redresseuses travaillant chacune sur une alternance du courant, une seule lampe, redressant une alternance suffit. Pour la réalisation pratique du dispositif, il convient de soumettre la plaque de la lampe filtre à une tension nettement supérieure à celle de la saturation; on y atteindra en alimentant la plaque de la lampe redresseuse sous 200 v *au minimum*. Avec 400 v efficaces, l'auteur a pu pousser la réaction de son récepteur d'expérimentation jusqu'à la limite d'accrochage sans percevoir aucun ronflement (filtre constitué par une lampe normale de réception avec plaque et grille réunies).

Un seul inconvénient pratique entache le dispositif; la lampe filtre demande à avoir une batterie propre pour le chauffage de son filament; — le chauffage sous courant alternatif détruit l'effet régulateur cherché, le volant thermique d'un filament de lampe normal étant insuffisant. Une lampe à gros filament, du type « Radio-Secteur » donne des résultats déjà appréciables. Il est probable que la question serait tout à fait au point, pratiquement, avec les nouvelles lampes dont le filament est remplacé par un cylindre massif, riche d'oxydes rares, et chauffé par conduction thermique, sous l'influence d'une spirale auxiliaire indépendante alimentée directement par le secteur.

Ce montage peut trouver d'autres applications, où l'on recherche la séparation d'un courant alternatif et d'un courant continu, la régulation d'une source encore, le maintien du courant à une intensité fixe dans une position de circuit donné. Il est tout indiqué pour être utilisé à la place de la bobine de choc des émetteurs radiophoniques fonctionnant d'après le principe dit à « courant constant » ou à « contrôle d'anode ». J. M.

STATIONS CENTRALES

Sous-stations automatique à Copenhague. (*The Electrician*, 6 mai 1927.) — La sous-station de Enghaveplads, du Département de l'électricité, de Copenhague, est située dans la ville même, à l'intérieur d'un bâtiment de style tout à fait associé à celui des habitations voisines. Cette sous-station comprend 2 convertisseurs rotatifs de 1000 kw, qui, avec leurs transformateurs appropriés, convertissant le courant triphasé 6000 v 50 per : sec, en courant continu sous 440 et 220 v distribué par ligne à 3 fils.

Les transformateurs et une partie du commutateur à haute tension sont logés dans les soubassements de l'édifice, sous le reste des appareils à haute tension.

Le dispositif automatique contrôle : le raccordement des deux feeders haute tension d'arrivée, le fonctionnement total des convertisseurs rotatifs, et la mise en circuit des barres de départ à courant continu sur les convertisseurs, côté débit.

Les circuits de contrôle et des commutateurs à commande électrique sont alimentés par les barres à courant continu qui sont directement connectées au réseau; mais, au cas où celles-ci viendraient à ne plus être sous tension, les circuits précédents peuvent être alimentés par une source auxiliaire.

En fonctionnement normal, la sous-station est alimentée par l'un des feeders haute tension, le second ayant été établi à titre de réserve. Si l'énergie vient à manquer sur ce feeder pendant que la sous-station travaille, les machines se trouvent automatiquement mises hors circuit, puis repartent sur l'autre ligne, en sorte que la durée de l'interruption du côté continu est très courte.

La sous-station est commandée automatiquement en fonction de sa charge. Une machine est mise en route dès que la tension au centre de gravité du réseau à courant continu tombe au-dessous d'une valeur déterminée à l'avance; la sous-station est reliée à ce centre au moyen de fils pilotes; la seconde machine intervient dès que la première commence à travailler à pleine charge.

Tout l'ensemble s'arrête dès que la charge totale tombe à une certaine valeur fixée. La tension et la charge peuvent être réglées à la demande des exigences de chaque cas. L'ensemble est complété par des organes à actions différés de telle sorte que des fluctuations passagères de charge ne fassent pas immédiatement intervenir les ordres automatiques.

Le contrôle de l'ensemble peut aussi s'effectuer d'une autre station à laquelle il est relié par fils pilotes, ou bien encore, manuellement, dans la sous-station même.

La commande des machines a lieu par l'intermédiaire d'un commutateur-inverseur multipolaire actionné de telle sorte que, si la première n'est pas en état de fonctionner, la seconde est aussitôt sollicitée.

Cette sous-station alimentant un réseau d'éclairage demande à débiter sous une tension très constante. Un relais régulateur de tension placé au même point du réseau que le relais à tension inférieure limite, commande les rhéostats de champ des deux machines par l'intermédiaire de contacteurs auxiliaires. La régulation obtenue donne entière satisfaction, la tension, à l'intérieur de la sous-station, se maintenant entre 446 et 454 v, c'est-à-dire à une tension moyenne de 450 v au centre de gravité du réseau. J. M.

DIVERS

Le bilan des installations hydro-électriques italiennes. (*The Electrican* 13 mai 1927.) — L'Italie compte actuellement 4 000 000 ch hydro-électriques installées contre 3 200 000 à la fin de l'année 1925. La consommation annuelle d'électricité a atteint 8 500 000 000 kw-h, 70 nouvelles usines productrices sont en contruction, en prévision de la consommation de 1929 qui doit approcher de 11 000 000 000 kw-h. Le capital investi par les industries hydro-électriques atteint 8 500 000 000 lire. J. M.

L'Editeur-Gérant : A. LAHURE.

91 825. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris. — 1927

Digitized by Google

36e Année. — N° 842 25 Juillet 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE
ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTEUR EN CHEF
ALFRED SOULIER
Le 2e vendredi de chaque mois de 15 h. à 16 h.

ABONNEMENTS
Paris et Départements : 30 francs par an.
Union postale : 40 francs par an.

ADMINISTRATION
9, rue de Fleurus, 9. — (Paris VIe)
TÉLÉPHONE
Ségur 04-23 et Ségur 04-44.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction au Rédacteur en Chef, 9, rue de Fleurus.

Pour toute demande de numéros de L'Industrie Électrique *on est prié de joindre, à la demande, le montant de l'envoi, en timbres-poste ou en mandat postal.*

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — Le marché électrotechnique de l'Union sud-africaine. — Electromobiles. — Statistiques des usines électriques de Roumanie. — Utilisation en Amérique de la lignite pulvérisée. — L'électricité au Canada. — L'électricité et l'industrie de la soie artificielle. — Constructions en tôles d'acier soudées électriquement. — La production mondiale de l'aluminium. — Nouveau procédé d'émission radiotéléphonique. 313

CORRESPONDANCE. 316

A PROPOS DU COURANT DIPHASÉ. 317

DÉTERMINATION DE LA FLÈCHE D'UN CONDUCTEUR AÉRIEN. **F. Loppé.** 319

LES ISOLANTS ÉLECTRIQUES ET LA RUPTURE D'ISOLEMENT OU « BREAK-DOWN ». **A. Z.** 322

CABLES A HAUTE TENSION. **E. H.** 324

LA FABRICATION MODERNE DES LAMPES A INCANDESCENCE ET DES LAMPES DE T.S.F. **A. Z.** 327

CONFÉRENCE INTERNATIONALE DES GRANDS RÉSEAUX. 328

COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES. — Étalonnage direct d'un ondemètre en fonction des harmoniques d'un diapason, par MM. **F. Bedeau** et **J. de Mare.** — L'influence des actions mécaniques et des courants alternatifs sur les discontinuités d'aimantation du fer, par M. **St Procopiu.** — Sur les éléments photovoltaïques à glycérine, par M. **A. Grumbach.** — Mesures de la conductibilité électrique de l'atmosphère dans la région du Pôle Nord, par M. **Malmgrön Rehounek.** 332

REVUE DE LA PRESSE. — *Radiations* : Production de rayons cathodiques à haute tension, en dehors de tube générateur. — Émission de rayons analogues aux rayons X par les corps faiblement conducteurs. — Les rayons β de collision. — *T. S. F.* : Principe de la téléphonie sans fil. 334

INFORMATIONS

Le marché électrotechnique de l'Union sud-africaine. — Dans un article, à ce sujet, M. Eschelbacher attire l'attention de l'industrie allemande sur l'importance du marché sud-africain; en 1913 la valeur du matériel importé dans l'union sud-africaine a été de 7867 millions de rentenmark (le rentenmark vaut 25 francs or).

A côté de l'exploitation des mines d'or, qui absorbe la plus grande partie du matériel électrique, celle des mines de charbon prend une importance de plus en plus grande. En 1924, on a extrait 11,5 millions de tonnes de charbon et les gisements exploitables sont estimés à 55 milliards de tonnes, de sorte que l'industrie du fer prendra de plus en plus d'importance.

L'industrie est aussi très florissante. En 1925, on comptait 7029 fabriques employant 172000 personnes, qui disposait d'une puissance motrice de plus de 0,75 million de ch, 22 pour 100 de l'énergie est électrique, et 66 pour 100 sont fournis par des machines à vapeur.

En 1925, l'énergie électrique fournie par les usines publiques a été de 1049 millions de kw-h, soit 150 kw-h par habitant.

Les trois grandes villes, Johannesbourg, le Cap et Durbon, comptant ensemble 640000 habitants (9,5 pour 100 de la population de l'Union), ont consommé, en 1925, 69 millions de kw-h.

Dans les exploitations agricoles, qui utilisent relativement beaucoup de machines, on emploie le plus ordinairement des moteurs à vapeur, à huile ou à gaz : en 1921, on ne comptait que 285 électromoteurs agricoles.

La plus grande partie (87 pour 100) de l'énergie électrique est consommée par l'industrie.

L'industrie électrique est peu développée dans l'Union, elle n'occupait en 1925 que 508 personnes.

Le matériel électrique importé dans l'Union (d'une valeur de 72,6 millions de livres sterling en 1924) provient principalement de la Grande-Bretagne, et en seconde ligne des États-Unis et d'Allemagne.

Le nombre des bureaux publics de télégraphie était de 1951

Digitized by Google

en 1924, celui des bureaux téléphoniques de 5076 avec 55 704 postes.

Une Commission de l'État, à laquelle est adjointe une organisation particulière, est chargée de l'examen des projets d'usines électriques: elle a établi un plan pour l'électrification générale du pays, avec stations centrales très puissantes et lignes de répartition à haute tension et fixe la tension de distribution à 220 v et la fréquence du courant triphasé à 50.

F. L.

Electromobiles. (*Electrotechnik und Maschinenbau*). — Depuis 1915, circulent à Glascow des tracteurs électriques de 0,5 à 20 tonnes. La question de savoir si pour les accumulateurs au plomb, il vaut mieux employer des plaques épaisses ou des plaques minces n'est pas encore tout à fait résolue; cependant d'après les résultats de l'exploitation, depuis 5 ans, on se décidera très probablement pour l'emploi de plaques minces. La durée des batteries avec plaques minces est de 10 à 15 mois, leur prix de revient est 60 pour 100 de celui des batteries avec plaques épaisses, qui ont une dudurée de 30 à 36 mois. D'autre part, l'emploi de plaques minces permet de placer sur une voiture une batterie plus puissante.

Une société italienne emploie, pour des omnibus, des plaques n'ayant que 6 mm d'épaisseur; les batteries ont, à poids égal, une capacité double de celles avec plaques ordinaires, mais n'ont qu'une durée de 4 mois. Les batteries avec liquide alcalin coûtent de 2 à 4 fois plus que celles au plomb, mais ont une durée de 4 à 6 ans quand elles ont à assurer un service très dur et même de 8 à 10 années dans le cas d'un service modéré, mais elles ont un faible rendement en énergie (environ 59 pour 100, contre 75 pour 100 pour les batteries au plomb) et une grande résistance intérieure.

M. C. W. Marschall établit, comme il suit, les dépenses annuelles d'un camion de 2 tonnes.

	LIVRES STERLING	EN POUR CENT
Direction	150	34,5
Intérêts et amortissement	75	17,2
Renouvellement de la batterie	69	15,9
Bandages des roues	34	7,9
Énergie électrique	25	6,0
Impôts	25	5,8
Garage	22	5,0
Entretien	19	4,4
Assurance	14	3,2
Totaux	451	100

Le prix d'achat du camion étant de 552 livres sterling, celui de la batterie de 208 livres et l'énergie électrique revenant à 0,75 pence (0,094 fr or) le kw-h.

Le tableau suivant, qui donne la dépense en schellings (le schelling vaut 1,25 fr or) par semaine, pour des camions automobiles, de diverses catégories, permet de comparer les divers genres de traction.

POIDS UTILE en tonnes.	ESSENCE	VAPEUR	ÉNERGIE électrique.
0,5	117	—	157
1,0	146	—	185
2,0	176	—	173
3,5	112	249	198
4,0	246	275	224

Dans un rapport, M. Marschall cite le service des postes de la ville de Berlin qui possède 800 camions électriques de 2 tonnes, avec batteries au plomb de 40 éléments à plaques minces de 250 amp.-h, dont les positives peuvent accomplir un parcours de 9600 à 11200 km, sans être changées, et les négatives un parcours de 19200 à 28000 km. F. L.

Statistique des usines électriques de Roumanie. (*Elektrotechnik und Maschinenbau.*) — La statistique des usines électriques, pour l'année 1925, qui vient de paraître contient pour la première fois des données sur les usines de l'état entier, tandis que les précédentes ne comprenaient que celles de l'ancien royaume.

La statistique comprend 4 tableaux qui donnent des renseignements sur l'année de la mise en service des usines, le genre de moteurs, les réseaux de distribution, les prix de revient, etc...

Sur les 134 usines en service à la fin de 1925, 37 étaient à vapeur, 29 pour 100 hydraudiques et 68 pour 100 avec moteurs à combustion. La production de l'énergie a augmenté à peu près de 10 pour 100 chaque année de 1922 à 1925. Elle a été de 400 millions de kw-h en 1925, soit de 25 kw-h par habitant; 24 pour 100 de ceux-ci ont à leur disposition de l'énergie électrique. La puissance totale installée est à peu près de 150000 kw, soit de 10 watts par habitant. F. L.

Utilisation en Amérique du lignite pulvérisé. (*The Electrical Review*, 13 mai 1927.) — Un des plus gros turbogénérateurs thermiques qui ait été installé en Amérique, se trouve dans une station centrale des Montagnes Rocheuses qui est probablement le plus important consommateur de lignite pulvérisé du monde entier. La turbine, de 25000 kw, a été ajoutée à la station de Valmont, de la Public service Company qui possédait déjà un groupe de 20000 kw en service.

Une autre station centrale, en cours de construction dans le Texas, doit également s'alimenter du lignite fourni par le sol de la province où elle est bâtie; on pense tirer de ce combustible 80 pour 100 de chaleur utile, le déchet étant de 5 pour 100 pour les résidus et de 15 pour 100 pour les pertes par radiation et émanation par les cheminées.

L'énergie électrique est débitée sous 13000 v, élevée à 100000 v pour son transport à Denver et à 44000 v pour son transport dans le Colorado du Nord. Le lac Valmont, au bord duquel est installée la station centrale, et qui fournit l'eau de condensation aux turbines thermiques, mesure 508000 m² de superficie, c'est-à-dire de quoi suffire à 4 groupes identiques aux premiers.

Un barrage a été néanmoins prévu qui porte cette surface à 2,5 km², et permettra l'installation des 10 groupes qui doivent constituer la capacité d'utilisation définitive de la station.

Un des gros intérêts économiques de l'emploi du lignite pulvérisé est la possibilité d'utiliser des quantités de combustibles jusqu'alors rejetées, mais que l'expérience de la station de Valmont vient de démontrer exploitables, et qui consistent essentiellement en poussières, et résidus miniers. Avant la pulvérisation de ce combustible, on le fait traverser par un courant d'air chaud qui en évacue l'humidité; il est ensuite pulvérisé dans des broyeurs centrifuges du type Chilean, et aspiré verticalement par des ventilateurs qui le répartissent dans les caissons de réserve des foyers. La distribution aux chambres de combustion a lieu par convoyeur à vis d'entraînement et sous pression d'air, cet air fournissant l'oxygène nécessaire. Les foyers sont ainsi alimentés par un jet permanent de combustible (de 0,33 m de diamètre), à la vitesse de 2,65 m par seconde. Le premier mètre de trajet de ce combustible dans le foyer est totalement incandescent, à la façon d'une masse gazeuse, et atteint une température de 2500 à 2800° C.

Les cendres et résidus tombent en fines poussières à travers les grilles qui sont intérieurement refroidies par circulation d'eau pour éviter la vitrification des sous-produits. L'im-

Digitized by Google

portance de ceux ci n'atteint que 5 pour 100 du volume original du charbon; le déchet qu'ils représentent est donc tout à fait insignifiant.

Le lignite fourni à cette station centrale est extrait de mines très voisines. La consommation actuelle est de 750 gr : ch-h, ce qui représente 400 à 500 tonnes par jour.

La vapeur attaque les turbines sous une pression de 30 kg : cm² à la température de 360° C, et se détendant sans un vide de 70 cm. L'eau d'alimentation des chaudières est préalablement élevée à la température de 125°, sous pression, tout l'oxygène libre en étant retiré, afin d'éviter la corrosion des conduites et réservoirs. L'eau de condensation entre à la température de 21° en été et se retrouve ensuite à 26°. Chaque unité en absorbe 180 m³ par minute par l'intermédiaire de 2 pompes de chacune 90 m³.

Deux lignes de transmission indépendantes partent de la station centrale de Valmont vers Denver, Boulder, Fort Collins et Geeley avec des dispositifs spéciaux passant aux interruptions de service. J. M.

L'électricité au Canada. (*The Electrician*, 20 mai 1927.) — D'après le Bureau des Statistiques Canadiennes, le prix de l'éclairage électrique dans les agglomérations aurait subi une baisse de 31,3 pour 100 pour la période 1913-1926. Dans tout le Canada, l'index s'est maintenu à 68,7 au cours de 1926, contre 69,9 l'année précédente et 100 en 1913. La province d'Ontario possède les tarifs les plus bas (60,6 pour 100), suivie de Québec (65,4). Dans une seule province, l'île Edward, les prix actuels sont supérieurs à ceux de 1913, l'index s'étant maintenu à 119,8 pendant les années 1924, 1925 et 1926. La puissance totale des turbines hydroélectriques installées s'élevait à 4 556 000 ch en fin 1926; l'énergie totale disponible au Canada est de 42 000 000 ch. J. M.

L'électricité et l'industrie de la soie artificielle. (*The Electrician*, 13 mai 1927.) — C'est un fait établi que la production mondiale de la soie artificielle s'est accrue, au cours de ces 6 dernières années, dans la proportion considérable de 400 pour 100. Cette industrie, relativement jeune, n'est donc plus du tout négligeable et mérite d'être attentivement considérée; elle surpasse très notablement celle de la soie naturelle; elle est aussi une rivale très nette de l'industrie du linon.

Le nombre des moteurs nécessaires à l'entraînement individuel des appareils centrifuges à filer que l'on rencontre dans les usines modernes, atteint un chiffre surprenant; il en est de même pour leur consommation d'énergie électrique. Il est intéressant de jeter un coup d'œil attentif sur cette industrie dont les conditions actuelles prospèrent et laissent encore présager des extensions. Les principaux pays producteurs sont :

Les États-Unis, l'Italie, l'Allemagne, la Grande-Bretagne et la France. En second ordre, on note : l'Autriche, la Belgique, la Tchéco-Slovaquie, la Hollande, la Pologne, et la Suisse. Mais, au point de vue du rattachement de cette industrie avec celle de l'électricité, les deux pays les plus intéressants sont sans doute le Japon et le Canada. Au Canada, les progrès s'effectuent par bonds et s'étendraient énormément en quelques années sous les auspices d'une politique protectionniste appropriée. Au Japon, on constate actuellement un certain flottement dû à des ambitions immédiates à trop grande échelle et à la faillite de la Compagnie Suzuki, élément très important de cette industrie. La Chine offre un débouché pratiquement illimité à la soie artificielle, et il est à peu près certain que des conditions politiques intérieures plus stables le favoriseront. L'Inde se documente de plus en plus à ce sujet. En Europe, l'Espagne s'éveille à la facile opportunité de cette industrie; la Grèce compte parmi les nations productrices et la Scandinavie envisage des développements. En Amérique du Sud, le Brésil fournit, et se prépare à de rapides extensions; en Australie on note des possibilités prochaines importantes. Des usines sont près d'être achevées à Tasmania; la Nouvelle-Zélande est considérée comme riche de promesses à cet égard.

Les marchés concernant la fourniture du matériel de fabrication de la soie artificielle sont généralement concédés à une unique et forte société qui sous-traite une partie, souvent importante, de ses commandes. A ce point de vue, les constructeurs actuels de ce matériel sont très probablement plus intéressants que les producteurs eux-mêmes, pour l'adaptation possible des fournitures électriques.

J. M.

Constructions en tôles d'acier soudées électriquement. (*Elektrotechnik und Maschinenbau.*) — La Société américaine « Westinghouse electric and manufacturing C° » a construit récemment deux maisons, complètement en acier, dans le montage desquelles on n'a utilisé aucun rivet; tous les assemblages ont été réalisés par soudure électrique. Le premier bâtiment à un étage sert de laboratoire, dans le second à 5 étages, on fabrique des transformateurs; ce sont certainement les premières constructions métalliques dépourvues de rivets. Le « Carnegie institut » a procédé sur ces constructions à de nombreux essais desquels il ressort que les constructions avec assemblages par soudure sont plus solides que celles avec assemblage par rivets, à égalité de dimensions des supports. L'économie d'acier est importante, non seulement à cause de la suppression des plaques et cornières nécessaires dans le cas de rivetage, mais principalement parce que la solidité des supports, dans ce dernier cas, dépend moins des dimensions de poutres que de celles des parties utilisées pour l'assemblage.

Dans le bâtiment à 5 étages, l'économie d'acier a été de 100 tonnes; il pèse 700 tonnes et est revenu à 250 000 dollars.

La Société Westinghouse procède actuellement à des essais pour déterminer le minimum de matériel de soudure nécessaire pour que les assemblages aient la solidité suffisante.

F. L.

La production mondiale de l'aluminium. (*Elektrotechnik und Maschinenbau*, du 15 mai 1927.) — Il y a 100 ans que Frédéric Wöhler découvrit l'aluminium et, en 1854, Deville indiqua une méthode industrielle pour sa production. Jusqu'en 1888, où les procédés de fabrication électrique furent étudiés, la production mondiale avait passé de 25 à 59 000 kg, et le prix du kilogramme de plus de 1500 fr à 60 fr environ. A partir de ce moment, la fabrication augmenta considérablement comme le montre le tableau suivant qui indique la production mondiale en tonnes.

ANNÉE	PRODUCTION mondiale en tonne.	ANNÉE	PRODUCTION mondiale en tonnes	ANNÉE	PRODUCTION mondiale en tonnes.
1888	59	1914	69 500	1920	133 400
1890	175	1915	65 500	1921	79 900
1895	1 427	1916	94 000	1922	96 300
1900	7 810	1917	120 500	1923	140 700
1905	11 500	1918	134 900	1924	168 900
1910	43 800	1919	132 500	1925	180 000

On voit, d'après ce tableau, que vers la fin de la guerre, la production mondiale de l'aluminium s'était prodigieusement accrue, puis a diminué; mais à partir de 1923 a recommencé son mouvement d'ascension; en 1926, la production a été à peu près de 200 000 tonnes.

La production de l'aluminium est entre les mains de quelques grandes sociétés, l'Aluminium C° en Amérique, l'Alumi-

Digitized by Google

nium français. la British aluminium C°, et la Société de Neuhausen en Suisse.

Cette dernière société possède en Allemagne une usine à Rheinfelden, où elle fabriquait environ 800 tonnes d'aluminium par an; c'était avant la guerre la seule usine d'aluminium existant en Allemagne.

Pendant la guerre, on a construit un grand nombre d'usines d'aluminium dans ce pays; tout d'abord 3 usines pouvant produire de 9000 à 12000 tonnes d'aluminium par an, puis en 1917 deux autres pouvant produire chacune 14000 tonnes par an. En 1925, on a construit en Bavière une usine; plusieurs des usines ouvertes pendant la guerre ont cessé leur production. Il y a actuellement en Allemagne 4 grandes usines d'aluminium pouvant produire ensemble 30000 tonnes par an.

F. L.

Nouveau procédé d'émission radiotéléphonique. (*The Electrical Review*, 3 juin 1927.) — La Westinghouse Electric Company aurait mis au point un nouveau procédé d'émission radiotéléphonique, actuellement en essai à la station KDKA, qui permettrait de ne travailler qu'avec un quart du nombre de lampes actuellement utilisées, pour des conditions données; la syntonie serait, en outre, beaucoup plus aiguë que celle des émissions habituelles; les qualités de l'émission seraient, enfin, équivalentes à celles des meilleurs postes normaux, avec une puissance moitié moindre. Cette nouvelle méthode est considérée comme susceptible d'apporter une solution intéressante à de nombreux problèmes radiotéléphoniques à l'ordre du jour, notamment la réduction de l'interférence entre postes de fréquences fondamentales voisines, l'amoindrissement des parasites, la diminution des interférences entre récepteurs à hétérodyne ou réaction. Les réceptions, effectuées à proximité de cet émetteur, ont montré l'absence de cette zone où toute protection disparaît contre l'émission forte qui couvre toutes les autres. Ce résultat serait dû à la syntonie remarquable du nouveau procédé en question qui a été dénommé « modulateur de fréquence » — par opposition aux méthodes normales par « modulation de puissance ».

Jusqu'alors, la bande de fréquence nécessaire à chaque émission était de l'ordre de 10 kilocycles : sec. Avec ce nouveau système, elle est réduite à 0,5 kilocycle : sec. Il sera d'ailleurs indispensable de conserver, aux récepteurs normaux, une bande de 10 kilocycles : sec entre stations adjacentes; mais avec cette émission, les accords de réception doivent être beaucoup plus pointus, si l'on veut éliminer totalement les stations puissantes travaillant dans les limites de cette bande. Au lieu d'agir à l'émission, sur l'amplitude ou l'intensité des signaux, les ingénieurs de la Westinghouse ont cherché à maintenir constante cette caractéristique, et à modifier la fréquence dans une proportion telle que la modulation totale s'effectue sur une largeur de 500 à 800 per : sec; d'où le nom de « procédé par modulation de fréquence ». Le nombre des lampes nécessaire a été réduit considérablement; toutes les valves modulatrices sont éliminées. La station de KDKA en comportait 12 du type 10 kw, à refroidissement par eau. Les méthodes actuelles d'émission transforment 50 pour 100 d'énergie en chaleur; le nouveau procédé évite cette perte, et peut l'utiliser en énergie utile. Ses caractéristiques sont tellement différentes de celles des émetteurs connus jusqu'alors que ses auteurs hésitent à affirmer que les différences proviennent seulement de l'application générale du nouveau dispositif.

Son emploi apporterait une solution à la crise de congestion qu'une commission spéciale étudie en ce moment aux États-Unis. Au lieu de supprimer un certain nombre des 680 postes émetteurs en service, il serait encore possible de leur en adjoindre 500 autres.

J. M.

CORRESPONDANCE

Nous recevons la lettre suivante que notre impartialité nous fait un devoir d'insérer :

Monsieur le Rédacteur en Chef,

Lisant, dans le n° 840 de l'*Industrie électrique*, la traduction du n° d'avril 1927 du *Journal of the A. I. E. E.* concernant l'étalonnage stroboscopique des compteurs, je me permets de vous faire les quelques remarques suivantes :

J'ai pris en France, le 4 janvier 1925, un brevet couvrant un « Procédé pour l'étalonnage stroboscopique des compteurs ». Ce brevet a été accordé en divers pays (notamment en Allemagne, Angleterre, etc.), il a été complété par de nombreuses additions et une série d'autres brevets protégeant des appareils de stroboscopie et de strobométrie.

Bien que sa réalisation en soit différente (et cette différence provient uniquement de ce que l'auteur américain s'est imposé de faire varier la fréquence d'illumination avec la charge), l'indicateur d'erreur décrit dans l'article précité dérive du même principe que l'indicateur wattmétrique construit pour moi par MM. Da et Dutilh, les fabricants d'appareils de mesure bien connus.

Indicateur et lunette strobométrique (cette dernière construite par la « Société générale d'optique ») ont été expérimentés par de nombreux Ingénieurs, et présentés notamment lors d'une conférence que j'ai faite en juillet 1926, au Conservatoire des Arts et Métiers, sur « La Strobométrie monochromatique » (Cf : le *Bulletin des Ingénieurs C. A. M.* de janvier 1927 et le *Bulletin des Ingénieurs I. E. N.* de mars 1927).

Il est à noter d'ailleurs que, dans le procédé de M. Sparkes, on ne s'inquiète pas des variations de la charge, alors qu'au contraire j'ai posé en principe que l'on devait opérer sous charge pratiquement constante. Toutefois, l'application aux disques des compteurs du principe du « vernier strobométrique » (principe également couvert par mes brevets) et le bouton de court-circuit placé sur mon indicateur wattmétrique permettent, en général, de s'affranchir de cette obligation dont l'auteur américain ne se débarrasse qu'au prix d'une complication électrique et mécanique sur l'efficacité de laquelle je demeure sceptique.

Veuillez agréer, etc...,

M. Fichter.
Ingénieur I. E. N. Docteur ès sciences.

P. S. — Je profite de la circonstance pour vous signaler que le procédé de mesure des vitesses de rotation, décrit dans *The Electrician* du 24 décembre 1926, et reproduit par votre *Revue* dans le n° 833 du 10 mars 1927, a également été prévu dans la conférence précitée et découle de mes brevets. J'ai même ajouté que mon strobomètre monochromatique permettait, en outre, la mesure directe des accélérations angulaires ainsi que des angles de déphasage. M. F.

Nous nous empressons d'ajouter que nous insérerons bien volontiers la description des appareils de M. Fichter, rappelant simplement que l'*Industrie électrique* a toujours ouvert gracieusement ses colonnes à tout inventeur de dispositif électrique intéressant, n'ayant pour cela d'autre but que de renseigner ses lecteurs, en leur faisant connaître les appareils nouveaux tout en désirant en même temps aider l'inventeur en lui facilitant la mise en valeur de son produit; mais nous devons nous abstenir d'entrer en discussion pour toutes les questions de priorité qui peuvent ainsi se présenter et que seuls les Tribunaux ont qualité de trancher avec preuves à l'appui.

A. S.

Digitized by Google

A PROPOS DU COURANT DIPHASÉ

L'Industrie électrique, *journal absolument indépendant, n'a pas hésité, chaque fois que la chose s'est présentée, à publier des critiques toujours courtoises, parfois même sur un ton amusant, soit des systèmes, soit des procédés qui lui paraissaient présenter des tares ou des erreurs de principe.*

On ne sera donc pas surpris de trouver dans l'article qu'on va lire une charge qui vise la routine que l'on rencontre chez beaucoup d'installateurs qui ne savent pas toujours profiter des ressources que leur offre la technique moderne. Beaucoup d'entre eux se cantonnent toujours dans les mêmes schémas oubliant que l'on peut obtenir de meilleurs résultats pratiques avec des solutions plus élégantes mais aussi moins répandues. A. S.

Le courant diphasé n'est pas ce qu'un vain peuple pourrait penser : assez répandu dans certaines régions, il mérite quelques minutes de réflexion et son emploi pourrait être différent de ce qu'il est actuellement.

C'est du moins ce que nous avons l'ambition de montrer ici.

Généralement écarté des applications au profit de son grand frère le triphasé, le diphasé est souvent considéré comme une forme inférieure, comme un parent pauvre dans la grande famille des courants polyphasés.

S'il a les honneurs de l'enseignement, c'est le plus souvent sous forme de casse-tête ou tout au moins de piège à l'usage des étudiants en mal de projet.

Le diphasé, cependant, n'est pas négligeable en France : dans la région parisienne, il représente plus du tiers de l'énergie annuellement distribuée ; dans les régions métallurgiques, quelle que soit la couleur de leur houille, il apporte quelques commodités dans le montage des fours.

Ce qui est certain, c'est qu'il existe et qu'il faut vivre avec lui.

Mais est-il indispensable de vivre avec lui de la manière en général adoptée, et est-il impossible d'envisager l'emploi du matériel triphasé, plus répandu ?

On peut employer des moteurs triphasés, nous allons le rappeler.

Peut-être n'est-il pas superflu, pour expliquer son existence et son emploi, de raconter les conditions dans lesquelles le courant diphasé est né et s'est développé.

Venu au monde avec tous les courants polyphasés, né de la valeur $\frac{\pi}{2}$ donnée au déphasage dans les formules générales, le diphasé a connu une grande faveur auprès des réseaux qui, ayant commencé à s'étendre sous la forme monophasée, ont eu l'audace, grande pour l'époque, de vouloir se développer en atteignant une clientèle de force motrice.

N'oublions pas qu'il y a 35 ans les grands réseaux urbains n'escomptaient guère que la clientèle d'éclairage, que certains même s'étaient créés monophasés et ne voulaient pas croire à l'avenir d'une clientèle force motrice.

Nous ne faisons le procès de personne : avant de juger une époque, il faut en pénétrer la mentalité ou avoir été son contemporain. Rien n'est plus ridicule que de distribuer le blâme rétrospectif et de s'ériger en *précurseur a posteriori*.

L'aspect nouveau et algébrique du courant polyphasé gênait beaucoup de distributeurs, agréablement assis sur le moelleux rond-de-cuir du courant continu. Ces industriels prudents voyaient bien le courant continu passant dans 2, dans 3 ou 5 fils, assez bien le courant alternatif simple passant dans 2 ou 3 fils, presque aussi bien le courant diphasé qui, en tant que lumière, est assez comparable à un double courant monophasé. Mais ils se rendaient mal compte du fonctionnement du courant triphasé avec ses 3 fils d'aller, pas de fil de retour, escorté de quelques embûches et particularités, sans parler des moteurs triphasés, que peu de constructeurs savaient réussir.

N'oublions pas les difficultés de régulation de la tension qui se faisaient sentir sur les réseaux d'il y a 25 ou 30 ans, difficultés très réelles et provenant de plusieurs causes :

1° État de l'art de la construction électro-mécanique à cette époque ;

2° Puissance en jeu sur les réseaux, dont les plus importants absorbaient à peine quelques milliers de kilowatts.

3° Valeur de la puissance individuelle des installations : à noter que la puissance demandée à l'usine est toujours allée en croissant, atteignant aujourd'hui des centaines de mille de kilowatts, alors que la puissance individuelle des installations de lumière, c'est-à-dire des installations capables d'engendrer le déséquilibre, a très peu varié, ce pendant que leur nombre augmentait, facilitant ainsi l'équilibrage.

Il faut se rappeler ces temps héroïques où, pour une puissance génératrice en marche de 1500 ou 2000 kv-a, la mise en service d'une commutatrice de 100 ou 150 kw gênait tout le réseau, pour peu que la machine se mit à « pomper ». Et combien de commutatrices de cette époque pompaient, construites pour des fréquences comprises entre 40 et 55 per : sec !

Ne parlons pas du diphasé à 3 fils avec phases non distinctes, qui a aujourd'hui complètement disparu sans avoir jamais pris un bien grand développement.

Mais le diphasé avec ses 2 phases électriquement distinctes donnait une réaction moindre d'une phase sur l'autre : nul ne considérait — et ne considère encore aujourd'hui — comme plus difficile la régulation de la tension sur 4 ponts (2 phases à 2×120 v chacune) que sur les trois ponts du triphasé, que ce fût sur le triphasé à 4 fils sous 220 v entre fils de phase, faisant l'objet d'un brevet étranger, ou sur les trois ponts du triphasé en

Digitized by Google

triangle à 115 v entre phases, dont l'emploi était libre.

Donc le diphasé est né et s'est perpétué, employé par ceux-ci, critiqué par ceux-là, trop répandu pour que ses plus acharnés détracteurs puissent faire autre chose que constater son existence et s'en accommoder pour les extensions futures de certains réseaux d'où il ne saurait désormais être banni.

Pour les applications mécaniques, outre les reproches — pour la plupart mérités — que lui adressent les constructeurs de machines électriques, il est certain que le fait d'employer sur les canalisations de force motrice 4 bornes, 4 conducteurs, 4 isolateurs, 4 fusibles, 4 pôles au lieu de 3 le met en posture coûteuse vis-à-vis du triphasé.

Mais si le diphasé existe comme courant de distribution et ne peut être remplacé pour des raisons économiques, s'ensuit-il qu'il doive être utilisé tel quel et qu'à une distribution diphasée doive nécessairement correspondre l'emploi de réceptrices diphasées? Le croire est une erreur fort répandue : il serait du plus haut intérêt de la combattre et de faire pénétrer le contraire profondément dans tous les cerveaux.

Il ne s'agit en somme que d'appliquer à l'utilisation du courant diphasé le même principe qui sert à sa production : aujourd'hui, en effet, le courant diphasé, utilisé tant dans les régions métallurgiques que dans la banlieue parisienne, est produit exclusivement sous la forme triphasée et transformé ensuite en diphasé. Il n'y a plus en France, comme alternateurs diphasés de grands réseaux, que ceux de la Compagnie Parisienne de Distribution d'Électricité (C. P. D. E).

La C. P. D. E. en effet, produisant directement son énergie sous la tension de distribution, n'a aucune raison de se servir de transformateurs, et l'emploi de la transformation triphasé-diphasé ne serait aucunement justifié.

Depuis les travaux de Scott et de Maurice Leblanc, le moindre ingénieur électricien — ou se donnant comme tel — a appris que l'on peut passer d'un système polyphasé de n phases à un système polyphasé de n' phases au moyen d'une simple carcasse de transformateur et d'un enroulement réalisant les rotations de vecteurs nécessaires.

Mais, l'ayant appris — ce qui n'est pas synonyme de « le sachant » — ce moindre électricien s'empresse de l'oublier ou de ne pas vouloir l'appliquer. Cela, pour un tas de motifs assez inconsistants, au nombre desquels figure la fameuse « opposition entre la théorie et la pratique » dont se prévalent volontiers et avec insistance ceux qui, n'ayant pas acquis l'une, ne peuvent prétendre à l'autre.

En dépit des ignorants, les transformateurs Scott ou Leblanc sont d'excellents appareils; le grand nombre de débouchés qu'ils trouvent, et surtout devraient trouver dans la région parisienne, a permis à nos constructeurs d'en étudier de près le fonctionnement et d'en perfectionner la construction.

Ils sont parfaitement recommandables et la routine seule peut expliquer la rareté de leur emploi par les abonnés des réseaux diphasés.

On pourrait les utiliser avec avantage chez tous les abonnés alimentés en haute tension.

Et aussi pour bien des installations branchées sur une distribution basse tension diphasée. Il suffit pour cela d'intercaler un auto-transformateur. L'auto-transformateur Scott est un appareil un peu spécial, d'un fonctionnement très sûr quand il est établi judicieusement (1) et que son schéma a été soigneusement tracé pour éviter d'avoir à la fois un point à la terre sur le diphasé (centre d'une ou des deux phases) et un autre point également à la terre sur le triphasé (centre de l'étoile).

Ces schémas connus n'ont pas à être reproduits ici.

La grande objection est la présence d'un auto-transformateur, c'est-à-dire d'un appareil supplémentaire qui introduit son rendement, étant monté à l'aval du compteur. « Rendement » !

Voilà le grand mot écrit. Cette objection est ridicule aux yeux de quiconque connaît à la fois l'âpreté avec laquelle l'abonné discute le prix de son énergie et le rendement de ses moteurs, et aussi, une fois l'installation faite, le peu de souci qu'a le même abonné d'éviter toute marche à vide ou sous charge trop faible. Il est surprenant de voir écarter l'emploi d'un appareil dont le rendement à toutes charges et rapporté à la puissance traversante est supérieur à 90 pour 100, par des gens qui font, systématiquement ou inconsciemment, marcher tout leur matériel aux environs de 50 pour 100 de la pleine charge. Bien entendu, je ne parle pas des rares, mais honorables, exceptions.

Il n'y a aucune bonne raison de ne pas généraliser l'emploi du transformateur Scott ou Leblanc, voire même de l'auto-transformateur Scott pour relier à un réseau diphasé une installation de force motrice.

Ce faisant, les abonnés auront dans leur premier établissement des économies de matériel et de main-d'œuvre; ils pourront employer des moteurs triphasés, qui sont les moins chers et les meilleurs parce que plus employés et mieux étudiés, en même temps les plus rapidement livrables.

Sans aller jusqu'à la suppression du matériel diphasé, demandée par les constructeurs de moteurs, nous aurions au moins fait un grand pas vers sa diminution.

Bref, il semble que cette généralisation du Scott ou du Leblanc ne présente que des avantages pour tous. Joignez-y la satisfaction qu'éprouveraient les meilleurs esprits à voir rompre avec certaines pratiques dont la seule raison d'être est la continuation d'une habitude beaucoup trop vieille.

En matière technique, la tradition est haïssable : montons des moteurs triphasés sur les secteurs diphasés!

C. Prunac.

(1) Voy. *L'Industrie électrique* n° 688 du 25 février 1921, p. 65 : Sur le fonctionnement des groupes Scott en auto-transformateur.

Digitized by Google

DÉTERMINATION DE LA FLÈCHE D'UN CONDUCTEUR AÉRIEN

Quand on connaît la longueur à 0°, d'un conducteur aérien disposé entre deux poteaux, lorsqu'il n'est soumis à aucun effort de traction, on peut déterminer la flèche qu'il prend à une température et sous une charge données. Cette longueur, que l'on peut appeler initiale, se détermine aisément, quand on connaît la flèche que prend le conducteur sous une charge et à une température quelconques.

Désignant par λ, la longueur initiale en mètres, par T, la température en degrés, par e, l'effort de traction, en kilogrammes par millimètre carré, auquel est soumis le conducteur, la longueur totale du conducteur entre appuis est :

$$\lambda + \lambda\alpha T + \lambda\beta e.$$

α étant le coefficient de dilatation linéaire du métal et β son coefficient d'allongement par mètre de longueur, sous un effort de traction de 1 kg par mm carré.

Si on assimile la chaînette à une parabole, ce que l'on peut faire sans erreur sensible pour des portées ordinaires, la portée étant de L m, et la flèche F pour des appuis au même niveau, la longueur du conducteur entre appuis est :

$$L + \frac{8F^2}{3L},$$

de sorte que l'on a :

$$\lambda + \lambda\alpha T + \lambda\beta e = L + \frac{8F^2}{3L}.$$

Si p est la charge, en kilogrammes par mètre, du conducteur l'effort de traction auquel il est soumis au point bas est de $\frac{pL^2}{8F}$ kg, et aux appuis de $\frac{pL^2}{8F} + pF$ kg, de sorte que l'effort de traction moyen est de $\frac{pL^2}{8F} + \frac{pF}{2}$ kg. Si le conducteur a une section de s mm², l'effort de traction par millimètre carré, auquel est soumis le conducteur est :

$$e = \frac{1}{S}\left(\frac{pL^2}{8F} + \frac{pF}{2}\right)$$

et l'équation devient :

$$\lambda + \lambda\alpha T + \lambda\frac{\beta}{S}\left(\frac{pL^2}{8F} + \frac{pF}{2}\right) = L + \frac{8F^2}{3L}.$$

La flèche x, correspondant à la température T et à la charge p, par mètre courant est donnée par l'équation du 3e degré.

$$x^3 - \frac{L\lambda\beta}{16S}px^2 + \frac{3L}{8}(L-\lambda)x - \frac{3L}{8}\lambda\alpha Tx - \frac{3L^3\lambda\beta p}{64S} = 0$$

que l'on peut résoudre par approximations successives.

Il vaut mieux, surtout quand il s'agit de déterminer la flèche de pose, se donner diverses valeurs de la flèche (qui sont comprises, comme on le verra, entre 2 limites) et déterminer pour chacune d'elles, la valeur correspondante de T.

On peut alors tracer une courbe donnant la valeur de la flèche en fonction de la température, ce qui permet de déterminer, la flèche correspondant à la température régnant le jour de la pose.

La température est donnée en fonction de la flèche et de la charge par mètre, par la relation :

$$T = \frac{L + \frac{8F^2}{3L} - \lambda - \lambda\frac{\beta}{S}\cdot\left(\frac{pL^2}{8F} + \frac{pF}{2}\right)}{\lambda\alpha}.$$

Pour le cuivre, on a :

$$\alpha = 0{,}000017, \quad \beta = 0{,}000073$$

et pour l'aluminium

$$\alpha = 0{,}000023, \quad \beta = 0{,}000140$$

de sorte que l'on a finalement :

Pour le cuivre

$$T = \frac{60000}{\lambda}\left(\frac{8F^2}{3L} + L - \lambda\right) - \frac{4{,}6}{S}\left(\frac{L^2}{8F} + \frac{F}{2}\right)p$$

Pour l'aluminium

$$T = \frac{43500}{\lambda}\left(\frac{8F^2}{3L} + L - \lambda\right) - \frac{6}{S}\left(\frac{L^2}{8F} + \frac{F}{2}\right)p.$$

Si on connaît la flèche F_1 pour une charge p_1 par mètre à la température T_1, la longueur initiale est donnée par la relation :

$$\lambda = \frac{L + \frac{8F_1^2}{3L}}{1 + \alpha T_1 + \frac{\beta}{S}\left(\frac{p_1 L}{8F_1} + \frac{p_1 F_1}{2}\right)}.$$

Il y a lieu de remarquer que λ ne diffère pas beaucoup de la longueur totale du conducteur posé, qui est $L_1 = L + \frac{8F_1^2}{3L}$; en effet pour le cuivre le travail à la traction par millimètre carré ne dépasse pas 15 kg, et pour l'aluminium 5 kg, de sorte que la différence $L_1 - \lambda$, ne dépasse guère, dans les cas ordinaires, le millième de la portée.

La flèche de pose varie entre deux limites, la supérieure égale à la flèche lors de la surcharge; dans ce cas, l'allongement dû à l'augmentation de la température devrait compenser la diminution d'allongement élastique. La limite inférieure est celle pour laquelle la longueur du conducteur, après pose, serait égale à la longueur initiale et, dans ce cas, le raccourcissement du conducteur sous l'action du froid (αT étant négatif) compense l'allongement élastique provoqué par la charge.

Exemple. — $L = 50$ m. Conducteur en aluminium de 30 mm², pesant 0,142 kg par mètre courant. A une température de + 20° et sous l'action d'un vent provoquant

Digitized by Google

une charge de 1 kg par mètre courant, la traction par millimètre carré, e, ne devant pas dépasser 5 kg.

On a

$$p_1 = 1, \qquad p = 0{,}142, \qquad T_1 = 20.$$

Si ε est l'effort maximum de traction, la flèche F_1 est donnée par la relation :

$$\varepsilon = \frac{p_1 L^2}{8 F_1} + p_1 F_1$$

$$F_1 = \frac{\varepsilon - \sqrt{\varepsilon^2 - \frac{p_1^2 L^2}{2}}}{2 p_1}$$

On a :

$$\varepsilon = eS = 5 \times 30 = 150$$

$$F_1 = \frac{150 - \sqrt{150^2 - \frac{50^2}{2}}}{2} = 2{,}14.$$

On peut admettre $F_1 = 2{,}10$

Comme vérification :

$$\varepsilon = \frac{p_1 L^2}{8 F_1} + p_1 F_1 = \frac{2500}{16{,}8} + 2{,}10 = 148{,}80 + 2{,}10 = 150{,}90.$$

Le travail à la traction par millimètre carré est $\frac{150{,}90}{50} = 5{,}03$, ce qui est encore admissible.

$$\lambda = \frac{L + \frac{8 F_1^2}{3 L}}{1 + \alpha T_1 + \frac{\beta}{S}\left(\frac{p L^2}{8 F_1} + \frac{p F_1}{2}\right)} =$$

$$= \frac{50 + \frac{8 . 2{,}10^2}{3{,}50}}{1 + 0{,}000023 \times 20 + \frac{0{,}00014}{50}\left(\frac{50^2}{8 + 2{,}10} + \frac{2{,}10}{2}\right)} =$$

$$= 50{,}177.$$

La longueur du conducteur après pose est :

$$L_1 = L + \frac{8 F_1^2}{3 L} = 50 + \frac{8 . 2{,}10^2}{3{,}50} = 50{,}235.$$

La différence entre la longueur du conducteur posé et sa longueur initiale est légèrement plus grande que le millième de la portée, mais les conditions de surcharge sont beaucoup plus sévères qu'à l'ordinaire.

L'équation donnant la température, pour une flèche F et une charge p par mètre, est :

$$T = \frac{43\,500}{\lambda}\left(\frac{8 F^2}{3 L} + L - \lambda\right) - \frac{4{,}6}{S}\left(\frac{L^2}{8 F} + \frac{F}{2}\right) p =$$

$$= 866\,(0{,}0533\,F^2 - 0{,}177) + 0{,}2\left(\frac{312{,}5}{F} + 0{,}5\,F\right).$$

Comme vérification, pour $F = 2{,}10$ et $p = 1$, on trouve bien $T = 20°$.

Pour la pose du conducteur, la charge est égale au poids du conducteur par mètre courant, $p = 0{,}142$ et la relation devient :

$$T = 866\,(0{,}0533\,F^2 - 0{,}177) - 0{,}0284\left(\frac{312{,}5}{F} + 0{,}5\,F\right).$$

La flèche minimum est :

$$F_m = \sqrt{\frac{3 L (\lambda - L)}{8}} = \sqrt{\frac{3{,}50 . 0{,}177}{8}} = 1{,}82.$$

La flèche de pose est donc comprise entre 1,80 et 2,10.

Pour	$F = 1{,}80$	on a :	$T = -\ 8{,}66$
	$F = 1{,}90$		$T = +\ 8{,}65$
	$F = 2{,}00$		$T = +\ 27{,}09$
	$F = 2{,}10$		$T = +\ 46{,}01.$

La courbe donnant la flèche de pose, en fonction de la température est très sensiblement une ligne droite.

Les considérations qui précèdent se rapportent aux cas où la différence entre les températures correspondant à la pose et à la surcharge, ne sont pas très différentes, comme c'est le cas dans les pays tempérés où la surcharge est due au vent. On peut, dans la pratique, adopter comme flèche de pose celle correspondant à la surcharge, de sorte que la limite de tension admissible n'est jamais atteinte.

Il n'en est pas de même dans les pays très froids où la surcharge dangereuse est due à du verglas, de sorte qu'elle se produit à une température très basse et la différence avec la température de pose est grande. Dans ces cas, la flèche de pose doit être plus grande que celle correspondant à la surcharge.

On peut déterminer la différence de température pour laquelle la flèche lors de la pose doit être égale à celle qui correspond à la surcharge, au-dessous de laquelle la flèche de pose est plus petite et au-dessus de laquelle la flèche de pose est plus grande que celle correspondant à la surcharge.

Pour que la flèche, c'est-à-dire la longueur du conducteur, soit la même, lors de la surcharge que lors de la pose, faut que l'allongement, par mètre produit par l'augmentation de charge, compense la diminution de longueur, par mètre, provoquée par la diminution de température.

Si T est la température de pose, T_1 celle correspondant à la surcharge, la diminution de longueur par mètre est $\alpha (T - T_1) = \alpha t$. Si p_1 est la charge par mètre correspondant à la surcharge et p le poids par mètre du conducteur, leur rapport est $\frac{p_1}{p} = a$. La tension par millimètre carré lors de la pose étant e et lors de la surcharge e_1 ; et pour la même flèche elles sont à peu de chose près inversement proportionnelles aux charges, de sorte que l'on a

$$\frac{e}{e_1} = \frac{p_1}{p} \qquad e = a e_1$$

l'allongement par mètre dû à l'augmention de tension est $\beta (e_1 - e) = \beta . \frac{a - 1}{a}$, de sorte que l'on a la relation :

$$\alpha t = \beta . e_1 \frac{a - 1}{a}, \qquad t = \frac{\beta}{\alpha}, e_1 \frac{a - 1}{a},$$

Digitized by Google

pour que la tension par millimètre carré ne dépasse pas la valeur admissible e_m pour le métal, on doit avoir au plus :

$$t = \frac{\beta}{\alpha} e_m \frac{a-1}{a},$$

soit pour le cuivre

$$t = 4{,}6\, e_m \frac{a-1}{a}$$

et pour l'aluminium

$$t = 6\, e_m \frac{a-1}{a}.$$

Pour du cuivre devant travailler au maximum à 15 kg par mm², les différences de température pour lesquelles les flèches de pose sont égales aux flèches de surcharge, sont à peu près doubles de celles correspondant à l'aluminium devant travailler à 5 kg par mm². Pour une surcharge double du poids du conducteur ($a = 2$) on a pour le cuivre 30° et pour l'aluminium 15°, pour une surcharge 7 fois plus grande que le poids, pour le cuivre 51° et pour l'aluminium 26°.

Dans l'exemple donné, si lors de la surcharge la température est de — 30° (au lieu de + 20°), on a :

$$\lambda = \frac{50 + \frac{8.2,1^2}{3,50}}{1 - 0,000023.30 + \frac{0,00014}{30}\left(\frac{50^2}{8.2,10} + \frac{2,10}{2}\right)} = 50,234.$$

La relation donnant la température correspondant aux flèches de pose devient

$$T = 863\,(0,0533\,F^2 - 0,234) - 0,2\left(\frac{312,5}{T} + 0,5F\right)p.$$

Pour $p = 0,142$, on obtient pour des flèches plus grandes que celle correspondant à la surcharge,

pour $F = 2,20$, $T = 16,60$
pour $F = 2,30$, $T = 39,5$
pour $F = 2,50$, $T = 85,50$.

On prendra donc une flèche de 2,25 environ, lors de la pose

Détermination des tensions de pose d'un conducteur aérien fixé a des points situés a des niveaux différents.

Quand les points de fixation d'un conducteur aérien ne sont pas placés au même niveau, il faut distinguer deux cas ; ou le point le plus bas de la courbe que prend le conducteur tombe entre les deux poteaux ou il coïncide avec le point de fixation inférieur.

Dans le premier cas, le plus simple pour établir les relations est de considérer comme variable la longueur l (fig. 1) comprise entre les deux branches de la courbe sur une horizontale passant par le point de fixation inférieur. Désignons par L la portée en mètres, par H la différence de niveau entre les deux appuis et par F, la flèche comprise entre l'horizontale passant par l'appui inférieur et le point bas de la chaînette que l'on peut assimiler à une parabole. La courbe que prend le conducteur à deux branches l'une correspondant à celle d'un conducteur de portée l et ayant une flèche F et l'autre correspondant à une portée $2L - l$ et à une flèche $H + F$; il est facile de voir que l'on obtient le même effort de traction, au point bas, soit $\frac{pl^2}{8F}$ ou $\frac{p(2L-l)^2}{8(F+H)}$ quand l'on considère l'une ou l'autre des portées.

En prenant comme axe des abcisses l'horizontale passant par le point de fixation inférieur O, et comme origine

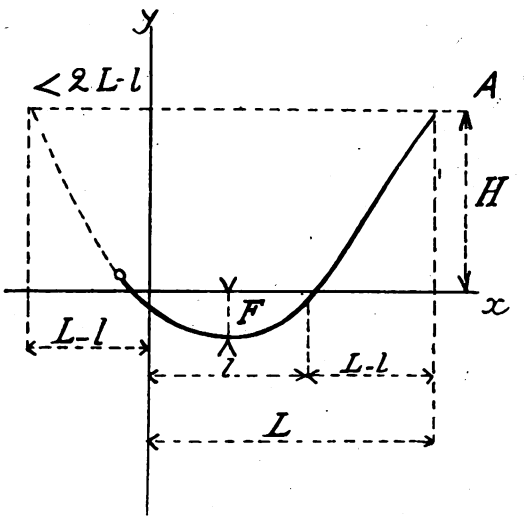


Fig. 1.

ce point, l'équation de la parabole à axe vertical passant par O et par a est

$$x^2 - lx - \frac{L(L-l)}{H} y = 0.$$

La flèche F du petit arc de parabole est égale, en valeur absolue, à l'ordonnée correspondant à $x = \frac{l}{2}$, qui est $-\frac{l^2 H}{4L(L-l)}$.

On a donc :

$$F = \frac{Hl^2}{4L(L-l)}.$$

L'effort de traction auquel est soumis le conducteur au point le plus bas, quand la charge est de p kilogrammes, par mètre courant, est :

$$\varepsilon_b = \frac{pl^2}{8F} = \frac{p(2L-l)^2}{8(H+F)} = \frac{L(L-l)}{2H}\, p.$$

L'effet de traction, au point d'attache inférieur est $\varepsilon_b + p.F$ et au point de fixation supérieur $\varepsilon_b + p(H+F)$.

Comme F est généralement petit, on peut sans grande erreur déterminer la valeur de l correspondant à la charge maximum p_1, de manière que l'effort de traction le plus grand ne dépasse pas la valeur maximum admissible ε_m, diminuée de $p_1 H$.

$$\varepsilon_m - p_1 H = \varepsilon_1.$$

Digitized by Google

l_1 sera donné par la relation

$$\frac{L(L-l_1)}{2H}=\varepsilon_1, \qquad l_1=L-\frac{2H\varepsilon_1}{L}.$$

On pourra ensuite calculer F_1 et vérifier si l'effort de traction à l'appui supérieur ne dépasse pas ε_m.

l doit toujours être positif, on doit donc avoir $2H\varepsilon_1$ plus grand que L^2 ou égal; en considérant une portée $2L$ et une flèche F, l'effort de traction au point bas est $\frac{4L^2}{8H}p_1$, c'est-à-dire que quand cet effort est plus petit que ε_1, ou lui est égal, la courbe que prend le conducteur est une branche d'une parabole correspondant à une portée 2L et à une flèche H.

En posant le conducteur, avec un effort de traction $\frac{4L^2}{8H}p$, au point bas et $\frac{4L^2}{8H}p+pH$ au point supérieur, p étant le poids par mètre courant, on sera toujours sûr que lors de la surcharge p, l'effort sera plus faible que ε_m car sous l'effet de la surcharge, le conducteur augmente de longueur.

Dans le cas où l'on a $2H\varepsilon_1 < L^2$ la longueur du conducteur posé est égale à la moitié de celle d'un conducteur de portée $2L-l$ et de flèche $H+F$ augmentée de la moitié de celle d'un conducteur de portée l et de flèche F, on a donc :

$$L_t=\frac{2L-l}{2}+\frac{8(F+H^2)}{6(2L-l)}+\frac{l}{2}+\frac{8F^2}{6L},$$

L'effort de traction auquel est soumis le conducteur est un peu plus grand dans la grande branche, où il est $\varepsilon_h+p\frac{F+H}{2}$ que dans la petite où il est $\varepsilon_h+p\frac{F}{2}$, mais comme H est toujours assez faible, on peut admettre qu'il est égal à celui exercé dans la grande branche, de sorte que si S est la section du conducteur en millimètres carrés, l'effort moyen auquel est soumis le conducteur et qui provoque son allongement est

$$\frac{1}{S}\left(\frac{pl^2}{8F}+p\frac{H+F}{2}\right).$$

Si λ est la longueur initiale du conducteur, c'est-à-dire sa longueur à 0°, quand il ne subit aucun effort de traction, T la température, α le coefficient de dilatation linéaire du métal et β l'allongement d'un fil de ce métal, de 1 m de longueur sous une charge de 1 kg, on a

$$\lambda=\frac{L_t}{1+\alpha T+\frac{\beta}{S}\left(\frac{l^2}{8F}+\frac{F+H}{2}\right)p}.$$

Les tensions de pose d'un conducteur, quand on a calculé les valeurs de F_1 et l_1 correspondant à la surcharge p_1 et en a déduit la valeur de λ et L_t sont déterminées, en adoptant les mêmes valeurs pour F et l quand la différence entre les températures de pose et de surcharge, ne dépasse pas la valeur indiquée pour les appuis au même niveau. Si cette différence est plus grande, on adopte d'abord pour l une valeur un peu plus grande que l_1, calcule les valeurs correspondantes de L_t et de l tension par millimètre carré dans le conducteur et détermine la température T' par la relation

$$T=\frac{1}{\alpha}\cdot\frac{L_t-\lambda}{\lambda}-\frac{\beta}{S}\cdot l.$$

Si on obtient une valeur de T supérieure à 30° environ, on recommence avec des valeurs de l, plus voisines de l_1 en déterminant chaque fois les tensions aux appuis de manière à pouvoir tracer la courbe donnant les tensions à chacun des points de fixation en fonction de la température, ce qui permettra de déterminer les tensions aux appuis suivant la température régnant le jour de la pose.

Quand on obtient une valeur de T plus faible, on prend ensuite des valeurs de l plus différentes de l_1.

F. Loppé.

LES ISOLANTS ÉLECTRIQUES
ET LA
RUPTURE D'ISOLEMENT OU « BREAKDOWN »

La Conférence internationale des Grands réseaux électriques qui vient de se tenir à Paris a montré clairement que tandis que la technique de l'inductance est aujourd'hui acquise, il n'en est pas de même pour la question des diélectriques.

On ne s'étonnera donc pas que nous insistions un peu sur ce sujet particulièrement important pour l'avenir des applications de l'électricité; le diélectrique est en effet peut être la chose la plus curieuse et la moins connue des manifestations électriques.

I. — Généralités.

Parmi les propriétés les plus communément utilisées en électricité, celle qui, commune à tous les isolants, disparaît dans tous, lors d'une rupture diélectrique pour faire place à la rupture d'isolement (breakdown), est encore dans son mécanisme et ses manifestations variées, assez peu connue pour que l'on ait le devoir d'en poursuivre par tous les moyens l'étude théorique et pratique.

On a déjà réussi, en grande partie du moins, à éclaircir le phénomène de la rupture d'isolement dans les gaz. L'expérience révèle clairement à quelles lois obéit cet isolement, suivant quel processus il varie, et comment se produit la décharge qui atteste l'état de conductibilité d'un milieu gazeux une fois atteint le « breakdown ».

Au cours d'expériences successives dans les mêmes conditions, on retrouve presque toujours le même point de rupture d'isolement.

Dans les isolants liquides et solides, les phénomènes

Digitized by Google

se produisant avec beaucoup moins de régularité, et il est beaucoup plus difficile d'en donner des explications satisfaisantes et d'en énoncer les lois. M. L. G. Carpentier, dans *World Power* de février, consacre à cette étude physique un article qu'on peut considérer comme constituant une excellente mise au point de la question.

II. — Isolants gazeux.

Non seulement ces isolants offrent la plus grande régularité, et par conséquent la plus grande sécurité au point de vue de leurs caractéristiques, mais ils sont encore les moins chers, et ceux qui jouent en électricité le rôle le plus important, puisque c'est leur action qui se manifeste tout le long des lignes de transmission, des lignes téléphoniques, télégraphiques, etc.

Les phénomènes qui mettent en échec les isolants gazeux s'expliquent par l'ionisation, et c'est Townsend qui a expliqué comment, par collision, l'ionisation intervient pour préparer le passage de la décharge, et par conséquent le « breakdown » dans le milieu gazeux.

Supposant des ions en présence dans ce milieu, ce qui est inévitable, ces ions se chargent, puis commencent à se mouvoir sous l'action du gradient de potentiel. Deux courants s'établissent, en sens inverses, pour les ions positifs d'une part et les ions négatifs de l'autre.

Il y a donc passage de courant dans le gaz, mais à une intensité très faible et que ne décelerait même pas un micro-ampèremètre aussi longtemps que l'isolement reste excellent.

Quand la tension appliquée s'élève (soit qu'il s'agisse de la tension totale appliquée, soit qu'il s'agisse d'une concentration locale de volts par suite d'une distribution accidentelle non uniforme de la même tension totale) il y a accélération du mouvement des ions, et cette accélération peut aller jusqu'à permettre aux ions d'ioniser les atomes neutres avec lesquels ils entreraient en collision.

Des chocs ainsi produits résultent de nombreux ions, qui, à leur tour, suivent la sollicitation du gradient de tension et donnent lieu à de nouvelles collisions. Cet effet accumulatif arrive souvent à rompre l'équilibre et à donner à la décharge, initialement très faible, une intensité suffisante pour que soit surmontée définitivement la résistance opposée par les gaz à l'amorçage et au maintien d'une décharge. La théorie de Townsend est vérifiée, non seulement par des observations qualitatives, mais encore sous la forme quantitative, avec toute la rigueur désirable, lorsqu'il s'agit des gaz.

III. — Isolants liquides.

Si on passe des diélectriques gazeux aux diélectriques liquides, on commence à observer des résultats expérimentaux erratiques : on ne saurait pas donner d'exemple plus probant que celui des huiles isolantes pour transformateurs ou interrupteurs : Déjà, en janvier 1924, dans un mémoire publié dans le *Journal of American Institute of Electrical Engineers*, par MM. Hayden et Steinmetz, il était rendu compte d'essais répétés, entourés de toutes les précautions voulues, faits au moyen du même éclateur baignant dans la même huile (utilisée par surcroit en volume assez grand pour exclure tout effet d'altération) : malgré ces précautions, indiquaient les auteurs, « les « résultats ont toujours différé entre eux de valeurs « beaucoup plus grandes que ne sont les écarts possibles « résultant d'erreurs d'observations ».

Les isolants liquides se trouvent d'ailleurs souvent placés dans des conditions assez complexes, du fait qu'ils contiennent de petits corps étrangers en proportions plus ou moins grandes.

Bien que des expérimentateurs aient évité soigneusement, par un traitement approprié des liquides étudiés, la composition hétérogène des couches liquides et le rôle des éléments étrangers au liquide isolant, on n'a jamais pu arriver à des résultats assez concordants pour être utilement enregistrés en vue d'une explication du mécanisme de la rupture d'isolement.

Il semblerait toutefois qu'on puisse émettre à ce sujet la théorie un peu hypothétique qui suit : lorsqu'on applique un champ électrique à une huile isolante, il se produit des déplacements d'ions positifs et d'ions négatifs comme s'il s'agissait d'un gaz. Quand le champ appliqué est assez puissant, l'intensité du courant peut provoquer un échauffement considérable.

Alors interviennent les bulles gazeuses prenant naissance dans l'huile, et par leur intervention, ces bulles ramènent le cas de la décharge dans les liquides à un cas comparable à celui de la décharge dans les gaz. A la différence de cette dernière, celle qui se produit dans l'huile entraîne une carbonisation notable du liquide. Des expérimentateurs ont suggéré que l'ionisation par collision, c'est-à-dire que la théorie d'ionisation par collision applicable à l'huile à partir du moment où elle dégage des bulles, serait applicable à l'huile elle-même, et que les ions peuvent s'y déplacer en provoquant des collisions, comme le font les ions gazeux d'après la théorie de Townsend.

De l'avis de M. Carpenter il ne faudrait voir là qu'une suggestion qui manque encore de toute confirmation expérimentale.

IV. — Isolants solides.

Les isolants solides donnent aux essais des résultats souvent irréguliers, rappelant parfois les résultats obtenus par Hayden et Steinmetz dans leurs essais sur les huiles. Les isolants solides manquent toujours d'homogénéité, les qualités diélectriques des différentes parties du solide dépendant de sa texture, du degré d'humidité qui peut contenir chacune de ses parties, etc.

Il se manifeste, notamment, une *absorption* très marquée d'humidité atmosphérique à la surface des isolants solides.

Digitized by Google

Les essais donnent des résultats très différents suivant qu'on les pratique par courant continu ou par courant alternatif.

Dans ce dernier cas, il se produit, dans le diélectrique solide, une perte en watts, généralement faible, mais dont la variation constitue un critérium intéressant de la valeur que présente le diélectrique à tout instant.

Souvent, dans la destruction du diélectrique solide par une décharge électrique, il est possible de tracer le phénomène d'ionisation si vivement éclairé par les travaux de Townsend.

Souvent, par exemple dans les câbles, des bulles d'air ionisées donnent lieu à une formation d'ozone, et cet élément, d'activité chimique très grande, attaque l'isolant solide et le détruit progressivement.

Ce rôle de l'air occlus est peut-être l'une des particularités les mieux établies par les expériences faites sur les isolants solides.

Du mécanisme général de leur rupture on a donné différentes explications, dont celle du *point chaud* paraît la plus satisfaisante à M. Carpenter. Par suite d'une hétérogénéité locale, il s'établit une conductibilité plus grande du diélectrique dans une partie de l'isolant que dans les autres; les courants de fuite y atteignent donc une plus grande intensité, et la perte Joule RI^2 y atteint une valeur plus grande et y développe un échauffement initial.

Comme la conductibilité du milieu augmente avec la température, les points déjà soumis à une surtension et un suréchauffement augmentent de conductibilité, et prennent une part encore plus grande de l'intensité qui traverse le diélectrique.

Les échauffements locaux se développent donc, jusqu'à ce que soit atteinte une température dangereuse pour le diélectrique. A moins que la chaleur développée par ce mécanisme d'échauffement ne soit évacuée assez rapidement pour éviter des températures excessives, cette théorie de l'échauffement local, se développant en certains points des diélectriques solides, est aujourd'hui admise dans l'industrie, et on pratique souvent sur les grosses machines électriques, particulièrement en des points inaccessibles de ces machines et se prêtant mal au refroidissement, la recherche des points chauds au moyen de couples thermo-électriques ou de dispositifs analogues.

M. Carpenter cite, à l'appui des faits ci-dessus, divers essais qui paraissent les confirmer. Néanmoins, il estime que des recherches et des études plus poussées sont encore nécessaire pour mettre au niveau de la théorie de Townsend les théories embryonnaires jusqu'ici établies pour expliquer le mécanisme et les lois de la rupture d'isolement dans les liquides et les solides.

A. Z.

CABLES A HAUTE TENSION

Sur la détermination de l'épaisseur optima a donner au revêtement isolant des cables a trois conducteurs utilisés en htute tension.

Avec le développement toujours croissant des réseaux souterrains et l'emploi de tensions toujours plus élevées les constructeurs ont été conduits à rechercher les solutions les plus économiques en essayant de tirer le meilleur parti possible de la matière.

On sait qu'il existe dans le cas des câbles à un seul conducteur une relation simple (1) entre le diamètre minimum à donner à celui-ci, la contrainte maxima à lui faire subir S, le diamètre du conducteur r et le rayon du câble lui-même quand on connaît la tension employée V.

On a en effet $$r = \frac{V}{S} \qquad (1)$$

et $$R = 2{,}718\, r. \qquad (2)$$

Cette relation généralement réservée aux câbles à conducteur unique a été également appliquée au cas de câbles à trois conducteurs. Il importe toutefois, dans ce cas, de noter l'influence de l'isolant extérieur, dont on ignore l'importance. L'épaisseur de ce diélectrique est en général dans le cas d'une distribution à neutre isolé, égale à celle de l'isolant recouvrant chacun des conducteurs, ou seulement la moitié s'il s'agit d'une installation dont le neutre est relié à la terre.

Le présent article a pour but la recherche d'une formule qui serait correcte dans le cas de trois conducteurs. On envisagera d'abord le cas d'une distribution à neutre isolé et l'on supposera que l'isolant recouvrant l'ensemble a la même épaisseur que celui recouvrant les conducteurs.

La même étude sera appliquée au cas de système à neutre relié à la terre en admettant que l'épaisseur de de l'isolant superficiel soit les 3/4 de celle des isolants des conducteurs.

Détermination de la contrainte dans le cas d'un câble à trois conducteurs reliés aux extrémités des trois phases d'une distribution triphasée. — De nombreuses expériences ont été faites dans le but d'établir les contraintes dans les câbles triphasés et d'en déduire une règle permettant de la calculer dans n'importe quel cas. La méthode la plus simple, et qui semble donner les meilleurs résultats est certainement celle indiquée par R. W. Atkinson Elle consiste à admettre que la contrainte maxima au voisinage des conducteurs, et

(1) N. A. Allen, M. Sc. Eng. *World Power*, septembre 1926.

Digitized by Google

dans la direction du centre du câble, est la même que si l'on avait un conducteur unique dont l'isolant aurait une épaisseur égale à la distance de chacun des conducteurs au centre du câble. En d'autres termes, on suppose que le centre du câble est au potentiel de la terre, et chaque conducteur est considéré par rapport à ce point comme s'il était seul et soumis à une tension par rapport au neutre, égale à celle de la ligne divisée par $\sqrt{3}$.

Sections de conducteurs et épaisseurs d'isolants optima. — La figure 1 représente la coupe d'un câble à trois conducteurs prévu pour une installation à neutre isolé.

Dans ces conditions on déterminera les dimensions relatives des conducteurs et de l'isolant, de façon que pour une tension de service donnée et des contraintes admissibles, les matériaux employés dans la fabrication des câbles soient le mieux utilisés. Cette condition est remplie quand le diamètre extérieur du câble est minimum.

Développement du calcul. — Posons :

V = tension par phase $= E/\sqrt{3}$.

E = tension entre conducteurs.

S = contrainte maxima admissible $= \frac{\text{volts}}{\text{mm}}$.

r = rayon des conducteurs.

R = rayon compté du centre du conducteur à la surface extérieure de l'isolant qui le recouvre.

t = épaisseur de l'isolant $= R - r$.

R_e = distance du centre du câble au centre des conducteurs.

R_0 = rayon compté du centre du câble à la surface extérieure de son isolant.

Ceci posé, la contrainte maxima à laquelle sera soumis le diélectrique, au voisinage du conducteur et dans la direction du centre du câble, sera d'après Atkinson

$$S = \frac{V}{r \log_e \frac{2}{\sqrt{3}} \times \frac{R}{r}} \qquad (3)$$

$$= \frac{E}{\sqrt{3}\, r \log_e \frac{2}{\sqrt{3}} \times \frac{R}{r}} \qquad (4)$$

ou encore en passant à la forme exponentielle

$$\frac{R}{r} = \frac{\sqrt{3}}{2} e^{\frac{V}{Sr}}$$

ou

$$R = \frac{\sqrt{3}}{2} r e^{\frac{V}{Sr}} \qquad (5)$$

on a, d'autre part, en tenant compte des propriétés géométriques de la figure,

$$R_0 = \left(1 + \frac{2}{\sqrt{3}}\right) R + t$$

$$= \left(2 + \frac{2}{\sqrt{3}}\right) R - r$$

$$= (\sqrt{3} + 1)\, r e^{\frac{V}{Sr}} - r \qquad (6)$$

la condition qui donne l'épaisseur minima de diélectrique est celle qui donne également le rayon minimum. C'est

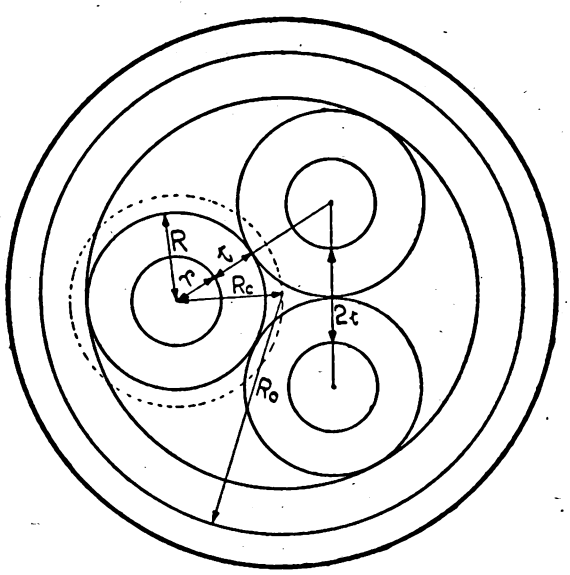


Fig. 1.
Coupe d'un câble à trois conducteurs.

celle qui annule la dérivée de l'expression précédente par rapport à r.

$$\frac{dR_0}{dr} = (1 + \sqrt{3})\, e^{\frac{V}{Sr}} \left(1 - \frac{V}{Sr}\right) - 1$$

R_0 est minimum quand

$$e^{\frac{V}{Sr}} \left(1 - \frac{V}{Sr}\right) = \frac{1}{1 + \sqrt{3}}$$

résolue par rapport à $\frac{V}{Sr}$ cette expression donne

$$\frac{V}{Sr} = 0{,}8424 \quad \text{ou} \quad \frac{V}{S} = 0{,}8424\, r.$$

Si l'on considère la tension de ligne E on a

$$\frac{E}{S} = 1{,}459\, r \qquad (7)$$

en portant dans les équations (5) et (6) on tire les valeurs de R et de R_0.

$$R = \frac{\sqrt{3}}{2} r e^{0{,}8424} = 2{,}011\, r \qquad (8)$$

Digitized by Google

et

$$R_0 = (\sqrt{3}+1)\, r e^{0,8424\, r} \qquad (9)$$

Application de la formule à des cas pratiques. — Prenons le cas d'une distribution triphasée à la tension

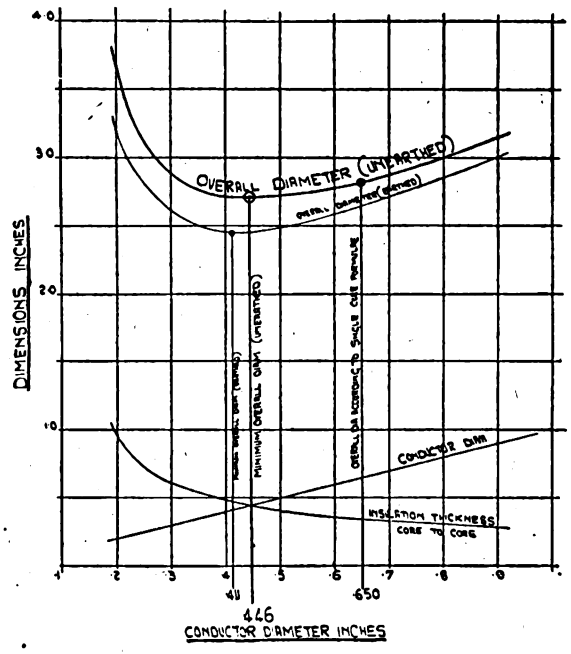


Fig. 2.

Relation entre le diamètre du conducteur d'un câble et son diamètre extérieur.

de 33 000 v, fixons à 4000 v par millimètre la contrainte maxima admissible et appliquons la formule précédente à la détermination du diamètre optimum des câbles transportant l'énergie.

L'équation 7 nous permet de tirer r rayon du conducteur. On a en effet

$$\frac{E}{S} = 1,459\, r$$

d'où

$$r = \frac{33\,000}{4000 \times 1,459} = 5,66 \text{ mm.}$$

Le rayon compté à partir de la surface extérieure de l'isolant protégeant chaque conducteur sera donné de la même façon par la relation (8)

$$R = 2,011\, r = 2,011 \times 5,66 = 11,37 \text{ mm}$$

d'où l'on déduit l'épaisseur t de l'isolant

$$t = 5,72 \text{ mm};$$

l'épaisseur totale de l'isolant compris entre deux conducteurs est donc de 11,44 mm.

La formule (9) nous donne enfin le rayon du câble compté à partir de la surface extérieure de la couche isolante superficielle.

$$R_0 = 5,345\, r = 30,26 \text{ mm.}$$

En adoptant un revêtement en plomb de 4 cm d'épaisseur on obtient un diamètre total de 68,5 cm environ.

Une représentation graphique est le vrai moyen de faire comprendre combien le diamètre du conducteur influe sur l'épaisseur à donner à l'isolant quand étant donnée une certaine tension on s'est fixé la limite de la contrainte à ne pas dépasser.

La figure 2 fait nettement ressortir la relation qui existe entre le diamètre du conducteur, l'épaisseur de l'isolant et le diamètre extérieur du câble. On constate en effet qu'en réduisant l'isolant et en augmentant convenablement la section du conducteur on obtient pour le diamètre total une valeur minima.

On peut également étudier la variation de la contrainte maxima lorsqu'on se fixe le diamètre extérieur du câble et que l'on fait varier le diamètre du conducteur.

Dans le cas de la figure 3 le diamètre du câble a été fixé à 68,5 mm et l'on constate que la contrainte minima est de 4000 v par millimètre lorsque le diamètre du conducteur est de 11,32 mm valeurs qui avaient été primitivement déduites du calcul.

Si on envisage maintenant une distribution dont le

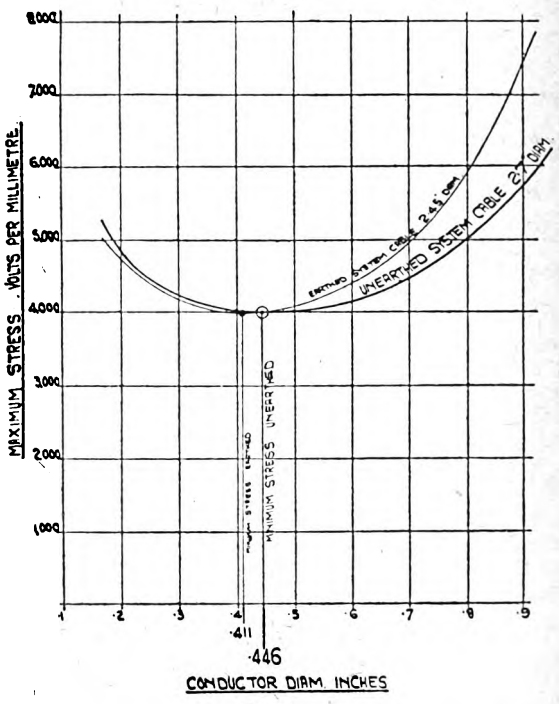


Fig. 3.

Variation de la contrainte en fonction du diamètre du conducteur.

neutre serait relié à la terre, les résultats sont les suivants :

$$\frac{V}{Sr} = 0,913 \qquad \text{ou} \qquad V = 0,913\, r;$$

si on considère la tension entre conducteurs on a :

$$\frac{E}{S} = 1,58\, r \qquad (10)$$

$$R = \frac{\sqrt{3}}{2}\, r e^{0,913\, r} = 2,156\, r \qquad (11)$$

$$R_0 = \left(\frac{3\sqrt{3}}{4} + 1\right) r e^{0,913\, r} - \frac{r}{2}$$

$$= 5,22\, r \qquad (12)$$

Digitized by Google

Considérant encore une fois la tension de 33 000 v et une contrainte maxima de 4000 v par millimètre on trouve que le diamètre minimum du câble sera de 61,25 mm correspondant à un conducteur de 10,17 cm. On a également porté les variations du diamètre extérieur et de la contrainte correspondant à cette nouvelle disposition sur les courbes (2) et (3).

Considérons encore une fois le cas d'un câble à trois conducteurs destiné à une distribution triphasée à 33000 v et fixons pour la contrainte maxima 4000 v par millimètre, le neutre étant isolé.

Si on applique la formule réservée ordinaire pour la détermination des caractéristiques de câbles à un conducteur, on tire

$$\frac{E}{S} = r = 8{,}26 \text{ mm.}$$

Le diamètre extérieur du câble correspondant est nettement supérieur à celui trouvé par l'autre formule et si l'on considère les prix de revient des câbles on remarque que l'économie à réaliser atteint 30 pour 100.

On pourrait évidemment objecter que le câble ayant les plus gros conducteurs permettrait le transport de 17500 kv-A alors que l'autre ne transporterait que 11000 kv-A, mais ne pourrait répondre qu'il serait préférable dans tous les cas de doubler le câble afin d'éviter l'arrêt complet de la distribution en cas de défaut; d'ailleurs la puissance totale n'atteindra que rarement la valeur maxima et restera le plus souvent inférieure à celle susceptible d'être transportée par le câble à faible section, et l'on peut dire que les avantages de cette dernière solution contre-balancent nettement ceux de l'autre, et l'on peut conclure que dans tous les cas on réalisera une économie importante en faisant usage de la formule développée ci-dessus. E. H.

LA FABRICATION MODERNE
DES
LAMPES A INCANDESCENCE ET DES LAMPES
DE T. S. F.

Aujourd'hui, les lampes sont devenues des articles de grande consommation et on estime la consommation mondiale des seules lampes à incandescence à plus de 600 millions par an, de sorte que les fabricants s'efforcent en tous pays de faire toujours plus grande la part d'automaticité qui intervient dans la fabrication.

D'après une communication faite par M. C. C. Paterson, directeur des laboratoires de recherches de Wembley de la General Electric C° Ltd, communication en grande partie reproduite dans l'*Electrician* du 11 mars, la part de l'Angleterre s'élève, sur les 600 millions de lampes à incandescence produites annuellement, à 30 millions environ, et la production est organisée de telle façon que les opérations les plus délicates, et en particulier les opérations finales de la fabrication, sont assez automatiques pour qu'on atteigne la production de 25 lampes par opérateur au lieu de 3 qu'on atteignait il y a 10 ans.

La partie du mémoire de M. C. C. Paterson, consacrée aux lampes de T. S. F., offre un intérêt tout particulier; mais, comme il ne s'agit plus d'un article de très grande consommation, c'est beaucoup moins sur le rendement par heure ou par opérateur que l'auteur a jugé intéressant de s'étendre, et c'est plutôt la perfection dans les opérations délicates du vidage et du contrôle de fabrication de ces lampes que l'auteur s'est étendu.

On sait l'importance considérable qu'il faut attacher aux gaz qui subsistent à l'intérieur de l'ampoule de la lampe, à la nature de ces gaz, à la pression qu'ils peuvent établir dans des conditions données de fonctionnement de la lampe, et aux caractéristiques qui se développent dans cette lampe en cours de service.

La question du vide n'est pas la seule qui doive préoccuper les fabricants, car le filament de tungstène dont la composition, le traitement et les caractéristiques sont déjà si connus dans la fabrication des lampes à incandescence, doit appeler de nouveau l'attention lorsqu'il s'agit de lampes de T. S. F., ses caractéristiques étant différentes dans les deux cas.

L'auteur fait très justement remarquer la coïncidence curieuse en vertu de laquelle le thorium, déjà connu comme un auxiliaire utile de la fabrication des filaments des lampes d'éclairage, est resté un précieux élément des filaments des lampes de T. S. F., mais c'est pour des propriétés tout autres qu'il a trouvé sa place dans les deux genres de fabrication, son rôle étant de s'opposer à la croissance des grains dans les lampes à incandescence, alors que, dans les lampes de T. S. F., c'est aux propriétés émissives d'une couche moléculaire de thorium, recouvrant le filament de tungstène, qu'on fit appel lorsqu'on créa les lampes à faible consommation.

Cette propriété s'explique par le fait que le thorium a pour qualité spécifique d'offrir une résistance beaucoup moindre au passage des électrons qu'une couche équivalente de tungstène.

Cet avantage serait compromis, et l'émission serait gravement réduite si les traces de gaz et de vapeur, tout particulièrement d'oxygène, restaient en présence du thorium et arrivaient à le contaminer : d'où l'importance qu'on attache à l'établissement d'un vide élevé et au maintien permanent de ce vide.

En discutant cette question du vide, M. C. C. Paterson indique le mécanisme des opérations qu'il convient de pratiquer : une bonne pompe de diffusion aurait à fonctionner très longtemps pour évacuer les gaz, si on ne combinait pas son action à celle d'un chauffage énergique. On fait souvent appel à un bombarbement, destiné à chauffer les organes intérieurs de la lampe et toutes les pièces pouvant occlure des gaz.

D'après l'auteur, les parties métalliques renfermées

Digitized by Google

dans l'ampoule ont peu de surface, et sont loin de jouer un rôle aussi important que la surface du verre. C'est donc cette surface du verre qui est la plus apte à occlure et à retenir des gaz, et, si on fait en sorte de la bien chauffer, on peut se dispenser de bombarder les électrons, et surtout le filament thorié, si délicat et si sensible aux effets du bombardement.

Ceci ne s'applique, bien entendu, qu'aux petites lampes de T. S. F., et tous les fabricants ne partagent pas les vues de l'auteur sur la nécessité du bombardement ou du chauffage intense.

Depuis que le bombardement a révélé ses effets désastreux sur la tenue des filaments, certains fabricants ont substitué, à ce mode brutal de chauffage, le chauffage par courant à haute fréquence, de sorte qu'on peut traiter les parties métalliques aussi bien que la surface du verre, en vue d'éviter le dégagement des gaz qui ont des effets si fâcheux dans la lampe.

Les éléments gazeux les plus nocifs sont, parmi ceux que dégage le verre, la vapeur d'eau et le gaz carbonique, et parmi les gaz qui proviennent du métal, ce sont le gaz carbonique et l'hydrogène qui dominent.

L'auteur indique que, suivant qu'on tient ou non à conserver au verre sa transparence, on peut maintenir le vide par l'emploi du phosphore rouge ou par celui du magnésium.

Le mécanisme de l'action du phosphore n'est pas parfaitement clair, mais son mode d'application est connu, et il consiste, soit à en recouvrir le filament avant montage, soit à pulvériser le phosphore sur le filament une fois en place. Après quoi l'ampoule est pompée à chaud et scellée.

Il reste encore, bien que l'apparence n'en trahisse rien, beaucoup d'eau et de gaz dans l'ampoule ; mais, au premier allumage du filament, le phosphore se vaporise et se condense à la surface du verre de l'ampoule, sous forme d'une couche de phosphore rouge extrêmement ténue, en mélange avec beaucoup de molécules gazeuses.

Par suite du bombardement qui accompagne le fonctionnement de la lampe, une partie du phosphore rouge se transforme en phosphore blanc, qui tend à se vaporiser de nouveau et à se condenser sous forme de phosphore rouge à la surface, emprisonnant ainsi les molécules gazeuses, et par suite une surface toujours fraîche propre à fixer ces molécules.

Si pendant la durée de la lampe des gaz tendent à se libérer, il se produit une ionisation plus marquée dans l'ampoule, et l'effet du phosphore devient proportionnellement plus actif.

Le recouvrement du verre de l'ampoule se fait plus généralement au moyen de magnésium que de phosphore et c'est ce magnésium qui donne l'apparence d'un miroir aux ampoules des lampes de T. S. F. à faible consommation.

A. Z.

CONFÉRENCE INTERNATIONALE DES GRANDS RÉSEAUX

La conférence internationale des grands réseaux électriques à haute tension qui vient de se tenir à Paris du 23 juin au 2 juillet a été suivie d'un bout à l'autre avec une attention soutenue par les délégués et les ingénieurs venus des quatre coins du monde. Les rapports, les discussions et les délibérations auxquelles ils ont donné lieu auront une heureuse répercussion sur le développement des grands réseaux car bien des questions épineuses et difficiles y ont été traitées.

Le compte rendu résumé des séances que nous donnons permettra de se faire une idée de l'importance des travaux de la conférence. Ajoutons que la prochaine réunion se tiendra à Paris du 15 mai au 15 juin 1929.

Séance du vendredi 24 juin (matin).

Première Section.

MATÉRIEL DES STATIONS CENTRALES ET DES POSTES DE TRANSFORMATEURS

Rapporteur général : M. Roth.

La séance est ouverte sous la présidence de M. Duquesne (Belgique).

1° ***Chaudières.*** — Le rapport de M. Overweg sur **Les récentes installations de chaudières à haute pression en Hollande** est seul mis en discussion. M. Haveaux fait observer que les données de ce rapport ont été établies en prenant pour base le pouvoir calorifique inférieur du combustible, au lieu du pouvoir calorifique supérieur qui sert habituellement de référence. Il convient donc d'interpréter les résultats donnés en tenant compte de ce facteur. Il serait intéressant de savoir si, avec les hautes pressions utilisées dans les chaudières (56 kg : cm²) on ne peut rencontrer de difficultés au point de vue de la souplesse de marche. M. Overweg (Hollande) étant absent, ces observations lui seront communiquées.

2° ***Machines électriques.*** — M. Bakker (Hollande) résume son rapport sur **Le choix de la tension d'épreuve des machines électriques.** De la discussion, à laquelle prennent part notamment MM. Feldmann (Hollande), Kopeliovitch (Suisse) et Del Buono (Italie), il ressort que la tension d'épreuve actuellement employée dans la plupart des pays, soit $2E + 1000$ v, donne en général satisfaction. Néanmoins, les essais préconisés par MM. Bakker et Van Staveren paraissent fort intéressants, en ce qui concerne les isolants utilisés dans la construction des machines. M. le Président propose de transmettre à la C. E. I. les suggestions faites au cours de la discussion.

Au sujet du rapport de MM. Tolvinski (Russie) et Efremov sur **La méthode la plus simple pour mesurer les réactances de fuite des alternateurs,** MM. Fallou (France) et Belfils (France) font remarquer que les méthodes préconisées par les auteurs, par MM. Kapp (Angleterre) et Fallou (France) ne conduisent pas à mesurer les mêmes grandeurs. Il convient donc de ne pas attribuer une valeur régulière au tableau de comparaisons, reproduite dans le rapport.

M. Wilczek donne lecture de son rapport sur **La construction des turbo-alternateurs.** Au cours de la discussion, à laquelle prennent part notamment MM. Rougé et Haveaux les

Digitized by Google

questions suivantes sont soulevées : existence d'une ou de deux vitesses critiques dans les rotors et avantages ou inconvénients de la mise à la masse.

Enfin, M. Petresco (Roumanie) résume son rapport relatif à l'auto-excitation des alternateurs, qui ne soulève pas d'observations particulières.

Séance du vendredi 24 juin (après-midi).

3° ***Transformateurs.*** — M. Fallou et M. Kopeliovitch résument leurs rapports relatifs aux **Surtensions dans les transformateurs.** Ces rapports donnent lieu à une discussion approfondie, à laquelle prennent part notamment MM. Pomey, Traverse, Darrieus (France) et Ohashi (Japon). Les points principaux soulevés au cours de la discussion sont les suivants : analogie des transformateurs à des lignes téléphoniques pupinisées dans le cas d'ondes à haute fréquence — utilité des essais aux ondes à front raide — forme de l'onde transitoire.

Le rapport de M. Hill sur les **Changements de prises sur les transformateurs en charge** ne soulève pas d'observations particulières.

Celui de M. Rutgers sur **Le raccordement des petits récepteurs à des centrales de grande puissance** donne lieu à une intéressante discussion, à laquelle prennent part notamment M. Illiovici et M. Perrochet.

4° ***Postes en plein air et appareillage.*** — M. Henriod présente le rapport de M. Young sur **La normalisation des postes en plein air** en l'accompagnant de la projection d'un film montrant le montage d'une sous-station extérieure.

M. Stephens résume son rapport sur **La protection des barres omnibus dans les stations centrales** qui donne lieu à un intéressant échange de vues, auquel prennent part notamment MM. Kopeliovitch et Rich.

Séance du samedi 25 juin (matin).

Première Section (*Suite*).

La séance est ouverte sous la présidence de M. Montanes (Espagne).

5° ***Huiles de transformateurs.*** — Des rapports concernant **Les huiles de transformateurs** sont présentés respectivement par MM. Czaplicki (Pologne), Mac-Mahon (Grande-Bretagne) et Weiss (France). Ils font l'objet d'une discussion à laquelle prennent part notamment MM. Tobler (Suisse), Riley (Grande-Bretagne), Nash (Grande-Bretagne), West (France), Rich (Grande-Bretagne), Bruckmann (Pays-Bas), Van Cauwenberghe (Belgique), Girault (France).

Au cours de cette discussion, en dehors des précisions demandées aux auteurs, et auxquelles ceux-ci répondent, une méthode d'examen des huiles par la mesure de leur $\cos\varphi$ (1), proposée par M. Riley, donne lieu à un important échange de vues. Étant donné l'intérêt des questions soulevées, M. le Président propose qu'une commission composée des auteurs des rapports et des personnes ayant pris part à la discussion, soit constituée pour étudier de quelle façon les travaux des différentes nations pourraient être mis en commun, et comment ils pourraient être répartis entre les différents laboratoires susceptibles de les poursuivre. Cette proposition est adoptée à l'unanimité et MM. Czaflicki, Mac-Mahon, Weiss, Tobler, Riley, Nash, West, Rich, Bruckmann, Van Cauwenberghe et Girault sont désignés pour faire partie de cette Commission.

(1) On peut se demander ce que c'est que le $\cos\varphi$ d'une huile. En réalité c'est un facteur qui tient compte de ses propriétés isolantes et de ses propriétés diélectriques puisque ce rapport résulte du quotient de l'énergie active par l'énergie réactive passant à travers une certaine quantité de l'huile en question. N.D.L.R.

6° ***Matières isolantes.*** — M. Bruckmann présente son rapport sur **Les matières isolantes** et montre aux membres de la Conférence les appareils proposés par les Pays-Bas pour faire les essais des masses isolantes.

La discussion est ouverte sur ce rapport, en même temps que sur celui de M. Bitterli (France) sur **Les essais d'emploi d'autres isolants que les huiles.** M. Grosselin résume au cours de la discussion, les travaux poursuivis par l'*Union des Syndicats de l'Électricité* en vue de l'élaboration d'un cahier des charges. Il exprime le désir qu'une commission analogue à celle qui vient d'être constituée pour les huiles, étudie les questions relatives aux masses isolantes.

MM. Bruckmann, Grosselin et Whitehead (États-Unis) sont désignés pour faire partie de cette Commission.

Séance du samedi 25 juin (après-midi).

Première Section (*Suite et fin*).

Présidence de M. Watanabe (Japon).

7° ***Utilisation des combustibles.*** — M. Mailloux présente son rapport sur **l'Utilisation rationnelle des combustibles,** et celui du Dr John-Lieb sur la centrale d'East River. M. Cahen, au nom de tous les membres de la Conférence, remercie vivement M. Mailloux de son travail, qui, en un petit nombre de pages, résume toute l'expérience acquise au sujet de l'utilisation des combustibles, et donne les vues les plus intéressantes sur ce qu'on peut espérer réaliser dans les prochaines années. La discussion, à laquelle prennent notamment part MM. Rich, Andrews, Bakker et Borck, porte principalement sur la comparaison au point de vue économique des centrales importantes et des petites stations, ainsi que sur les liens nécessaires entre les usines hydrauliques et les usines thermiques.

8° ***Marques de qualité.*** — M. Bellaar Spuyt commente son rapport sur **Les épreuves du matériel et les marques de qualité.** Il demande si la Conférence estime utile de poursuivre l'œuvre qu'il a entreprise, et dans ce cas, propose qu'un Comité peu nombreux soit constitué par des délégués des nations qui seraient intéressés plus particulièrement à cette question.

Sur la proposition de M. le Président, la constitution définitive de ce Comité est remise à la séance de clôture de la Conférence, à laquelle M. Bellaar Spruyt pourra présenter les noms qui lui auront été soumis par les diverses délégations.

9° ***Bornes condensateurs.*** — M. Smouroff présente son rapport sur **Les bornes condensateurs.** La discussion, à laquelle prennent part notamment MM. Traverse, Goodlet, Kopeliovitch et Perrochet, il semble que le problème de la réalisation des bornes condensateurs soit maintenant résolue, au moins au point de vue théorique. Les difficultés réelles que les constructeurs ont d'ailleurs surmontées sont celles de la réalisation pratique de ces bornes.

10° ***Natures physiques des phénomènes diélectriques.*** — M. Smouroff indique les idées générales qui ont présidé à l'établissement de son rapport sur ce sujet. M. le Dr Konstantinowsky n'est pas entièrement d'accord avec lui sur les relations qui existent entre la rigidité diélectrique d'un corps et de l'orbite des électrons consécutifs.

Digitized by Google

Séance du lundi 27 juin (matin).

DEUXIÈME SECTION

CONSTRUCTION ET ISOLATION DES LIGNES

Rapporteur général : M. DUVAL.

Présidence de M. PERROCHET.

1° ***Calcul de la portée économique d'une ligne.*** — M. FERRIER expose son rapport sur ce sujet qui donne lieu à une importante discussion à laquelle prennent part notamment MM. DUVAL, VALENSI et PERROCHET.

De l'avis général, le calcul de la portée économique ne peut être fait avec quelque exactitude qu'autant qu'on connaît d'une façon suffisamment approchée le tracé de la ligne.

2° ***Pylônes.*** — Le rapport de M. LABBÉ sur **Les conclusions à tirer d'un accident survenu à un pylône** soulève des questions importantes, notamment celle de l'essai des aciers aux chocs et celle de la résistance des pylônes aux efforts de torsion. MM. DUVAL, FERRIER, NUTTALL, DEL BUONO, PAUL MEYER, LAJUS, PERROCHET, WEST et SULZBERGER prennent part à l'intéressante discussion qui suit ce rapport.

MM. MONTAGNI, VALENSI et NUTTALL présentent des rapports, dont le caractère est plutôt descriptif. M. DUVAL remercie les auteurs de ces travaux qui contiennent des renseignements très précieux pour les ingénieurs ayant à faire le projet de lignes situées dans des conditions analogues. M. DUQUESNE demande si certains règlements interdisent l'emploi de pylônes en acier soudé puisqu'il remarque qu'aucun rapport n'y fait allusion. MM. DUVAL et MAC-MAHON indiquent que, en France et en Angleterre, ce procédé d'assemblage a été utilisé avec succès.

M. DARRIEUS présente ensuite son rapport sur **Les pylônes-chevalets articulés** et invite les membres de la Conférence que cette question intéresserait à venir voir la ligne d'expériences établie à l'usine de la Cie Electromécanique, au Bourget.

Enfin, la séance se termine par un court exposé de M. FRANK G. BAUM qui indique les résultats obtenus depuis 4 ans avec les lignes à 220 000 v.

Séance du lundi 27 juin (après-midi).

DEUXIÈME SECTION (*Suite*).

Présidence de M. KROUGH (U. R. S. S.)

3° ***Câbles à haute tension.*** — L'Assemblée entend successivement les rapports de MM. BELLAAR SPRUYT et VAN STAVEREN **Sur les câbles triphasés de construction normale** et **Les câbles triphasés à isolation métallisée**; le rapport de M. DELON **Sur les essais en usine des câbles électriques à haute tension**; un résumé du rapport de M. EVERETT-S-LEE est présenté par M. MAC-MAHON; le rapport de MM. KONSTANTINOWSKY et TSCHIASSNY sur un **Nouveau type de câble : le Câble So**; celui de M. PROOS, **Sur la courbe des pertes diélectriques comme indice de la qualité des câbles.** Ensuite, M. WHITEHEAD commente son rapport sur **Les propriétés du papier imprégné**, en présentant les projections des courbes qu'il a obtenues.

Après la suspension de séance, M. SMOUROFF expose son travail sur **L'influence du vide intérieur et de l'ionisation sur la durée des câbles à haute tension isolée au papier imprégné.** M. KOSCHEBAK présente le rapport de M. SILBERMANN sur **Les Condensateurs à câble**, et enfin, M. BELLAAR SPRUYT résume son rapport général sur **Les prescriptions d'épreuve des câbles à haute tension**, rapport qu'il a fait à la demande de la dernière Conférence Internationale, et qui donne les résultats d'une enquête faite dans 16 pays différents.

Séance du 28 juin 1927 (matin).

Présidence de M. KNEIDL (Tchécoslovaquie).

M. DUVAL, rapporteur général, résume les rapports concernant les câbles à haute tension, qui avaient été présentés la veille à la conférence. La discussion a été ensuite ouverte sur les différents points soulevés par les rapports : méthodes d'essai, étude du vieillissement des câbles et notamment de l'influence de l'air occlus sur leurs caractéristiques.

MM. GILLOT, DECOMBE, SOLERI, VERNIER, RILEY, BELLAAR SPRUYT, KONSTANTINOWSKI et BARRAT sont intervenus dans cette discussion. Étant donné l'importance des points traités, la Conférence a adopté la proposition faite par M. BELLAAR SPRUYT dans son rapport général et décidé qu'une Commission spéciale continuera à étudier la question des câbles pour chercher à mettre sur pied un projet de méthode d'essais, qui pourrait être transmis à la Commission électrotechnique internationale. Cette Commission comprendra notamment MM. BELLAAR SPRUYT, SOLERI et DELON.

M. MONTANDON a présenté ensuite un rapport **Sur l'isolement des lignes au bord de la mer.** De la discussion, à laquelle ont pris part notamment MM. CAPART, LEMOIGNE, FERRIER et RICH, il résulte qu'une partie des troubles sur les lignes au bord de la mer semble avoir pour cause une influence des charges électrostatiques des lignes sur le dépôt salin. Ces phénomènes ne sont pas, jusqu'à présent, clairement élucidés.

4° ***Isolateurs.*** — Les rapports de MM. GILLESPIE, DEJONC, LE QUERLER et SCHUER, qui concernent **Les essais d'isolateurs**, ont été discutés simultanément. M. E. O. MEYER estime que les essais de vieillissement artificiel ne peuvent pas donner de résultats concluants, étant donné que le ciment des scellements ne peut être vieilli artificiellement. M. BARRÈRE a demandé aux délégués étrangers d'apporter à la séance de l'après midi les résultats d'expériences qu'ils pourraient avoir des différents procédés d'essais des isolateurs en lignes : aislomètre, bull-stick et magger.

Enfin, M. FRANCK G. BAUM a fait une courte communication sur **Le processus de formation des décharges dans l'air et sous la pluie.**

Séance du mardi 28 juin (après-midi).

TRAVAUX DE LA DEUXIÈME SECTION (*Suite*).

Présidence de M. CLOUGH (Grande-Bretagne).

Isolateurs (*Suite*). — Au début de la séance, M. FRANK G. BAUM présente un certain nombre de clichés relatifs à la formation des décharges, dont il avait parlé à la fin de la matinée. Il estime que les lignes à 220 000 v sont pratiquement à l'abri des troubles causés par la foudre.

La discussion est ouverte ensuite sur ce rapport, en même temps que sur les rapports de MM. HAWLEY, FALKINER NUTTAL, GOODLET, PERROCHET et GILLESPIE y prennent part. De cette discussion, il ressort que les nouveaux essais demandés par plusieurs auteurs et notamment par M. DEJONG, peuvent, sinon être utilisés, du moins, permettre de pousser plus loin la connaissance des qualités des isolateurs.

5° ***Étude des conducteurs en aluminium.*** — Les rapports sur ce sujet sont présentés par leurs auteurs, et font l'objet d'une discussion publique, à laquelle prennent part notamment

Digitized by Google

MM. Darrieus, Dusaugey, Duval, Painton, Huber Stockar, Bauer et Vernier. Il semble que, contrairement à ce qu'il pourrait sembler résulter de la comparaison établie dans le rapport de M. Wyssling, les câbles mixtes ne soient pas près de disparaître. Ils offrent des conditions d'emplois très souples, et, en outre, on peut concevoir que pour des portées extraordinairement longues de 1200 à 1500 m, on fasse des câbles mixtes en acier et en alliage d'aluminium (Almelec-alliage n° 5). M. Vernier rappelle en outre les conducteurs en alliage de cuivre et d'aluminium qui sont employés parfois en Angleterre.

Après la suspension de séance, M. Dunsheath présente son rapport sur **Les mouvements dans le fluide diélectrique pour tension** et en l'illustrant de la projection d'un film tout à fait remarquable.

Ensuite, M. Painton présente les clichés relatifs à son rapport sur **L'emploi des câbles en aluminium-acier** et M. Henriod, ceux qui illustrent le rapport de M. Austin sur **Les avantages des supports en bois.**

Séance du jeudi 30 juin (matin).

Troisième Section.

EXPLOITATION DES RÉSEAUX

Rapporteur général : M. Parodi.

Présidence de M. Wilczek (Hongrie).

M. Lavanchy a présenté un rapport sur **La stabilité des transmissions d'énergie électrique**. La discussion qui a suivi et à laquelle ont pris part MM. Darrieus, Clough et Parodi a porté notamment sur l'utilité des excitatrices à excitation séparée pour les machines synchrones destinées à la compensation des réseaux.

M. R.-O. Kapp a présenté ensuite son rapport sur **Le plan d'ensemble des réseaux dans un pays**, rapport à propos duquel MM. Rich et Parodi ont donné d'intéressantes indications sur les régimes adoptés en Angleterre et en France pour l'établissement de ces réseaux.

Différents rapports sur **Les communications entre centrales** ont été présentés par MM. Ohashi, Grant et Dubois. De la discussion, à laquelle ont pris part MM. Nach, Rich, Parodi, il résulte que le problème des communications par téléphonie à haute fréquence semble maintenant réalisé pratiquement : il y a certes encore des progrès à faire, mais les résultats obtenus sont déjà très intéressants et les rapports présentés à la Conférence marquent un progrès très sensible si on les compare à ceux qui ont été discutés aux sessions antérieures.

Séance du jeudi 30 juin (après-midi).

Troisième Section.

Présidence de M. Thrige (Danemark).

1° ***Mesure de l'énergie à haute tension.*** — Le rapport de M. Iliovici sur ce sujet provoque une intéressante discussion à laquelle prennent part MM. Budeanu, Barbagelata, Brylinski, Genkin et Pomey. Les principaux points discutés sont : l'utilité de donner aux unités de puissance et d'énergie réactive des noms différant de ceux des unités de puissance et d'énergie active, les définitions de ces différentes grandeurs, et enfin, les méthodes et appareils permettant de le mesurer.

2° ***Perturbations causées par les lignes d'énergie dans es lignes de télécommunication.*** — MM. Viel, Brylinski et Ohashi présentent les rapports traitant de ces questions. M Viel notamment rappelle les très intéressantes expériences qu'il a faites relativement à **l'Action des courants forts sur les courants faibles.** Il montre comment en tendant des fils parallèles entre une ligne téléphonique et une ligne à haute tension on peut réduire ces actions. Il dégage également l'influence que présente la mise à la terre ou non du neutre et donne des chiffres sur les essais qu'il a entrepris. La discussion montre combien ces problèmes sont encore mal connus et l'importance que présentent des contributions comme celles de MM. Viel et Mayehara et Fukayo qui apportent les résultats d'expériences conduites avec un grand soin. Les indications données par M. Valensi sur la façon dont sont conduits les travaux du Comité consultatif international des Communications téléphoniques à grande distance et de la Commission mixte internationale pour les expériences relatives à la protection des lignes téléphoniques intéressent vivement l'Assemblée qui approuve le vœu formulé à la fin du rapport de M. Brylinski et tendant à ce que la Conférence internationale des grands réseaux prenne une part toujours plus active aux travaux du Comité consultatif.

3° ***Communication de M. Franck G. Baum.*** — Il commente une série de projections montrant le plan d'un réseau d'interconnexion qu'il a établi pour alimenter d'une façon rationnelle l'ensemble du territoire des États-Unis. Cette présentation montre l'intérêt très grand qu'auraient tous les pays à faire des plans analogues.

Séance du vendredi 1er juillet (matin).

Troisième Section (*Suite*).

Présidence de M. de Souza (Brésil).

1° ***Marche en parallèle des Centrales.*** — MM. Barrère et Godin présentent leur rapport qui donnent des exemples concrets de marche en parallèle de centrales importantes.

Dans la discussion qui suit et à laquelle prennent part MM. Parodi, Houbant, Guéry et Jobin, il ressort que les difficultés auxquelles se heurte le problème de la marche en parallèle des centrales, appartenant à ces sociétés différentes, sont beaucoup plus *administratives* et économiques que *techniques*. L'exemple donné par l'Union des Producteurs des Pyrénées occidentales, par l'Union des Exploitations électriques en Belgique et par la Société « La Sidérurgie Lorraine », montre qu'une organisation appropriée permet un fonctionnement très satisfaisant.

M. Rieunier présente ensuite son rapport n° 16 et donne des indications intéressantes sur la façon pratique dont a été réalisé le changement de fréquence dans la région parisienne.

Le dispositif décrit par M. Grieb dans son rapport sur **La marche en parallèle de plusieurs réseaux** est très intéressant et la conférence émet le vœu que M. Grieb lui apporte, à la prochaine session, un rapport sur les résultats que ces groupes auront pu donner en exploitation.

2° ***Statistiques d'accidents.*** — M. Kato présente le rapport n° 12 qui donne une statistique très complète des accidents d'exploitation survenus sur un réseau du Japon. La discussion à laquelle prennent part MM. Parodi et Kopeliovitch montre l'intérêt considérable qui s'attacherait à la publication de nombreuses statistiques de ce genre.

3° ***Protection des réseaux.*** — M. Nicaise décrit le dispositif de relai qu'il préconise pour la mise hors tension des réseaux en cas d'accident. Ce dispositif n'a pas encore été mis en application sur de nombreux réseaux ; mais, d'après les expé-

Digitized by Google

riences qu'il a faites, l'auteur a acquis la conviction que ce dispositif n'aurait que des résultats excellents.

Séance du vendredi (après-midi).

Après l'exposé d'un résumé du rapport de M. Dubosc sur **Les idées modernes en matière de protection contre les surintensités**, celui de M. Eachron sur **Les parafoudres** et enfin celui de M. Peek sur **Les effets de la foudre sur les lignes de transmission** une discussion s'engage. M. Mauduit notamment insiste pour que les ingénieurs américains qui disposent de moyens puissants veuillent bien faire porter leurs essais non plus en laboratoire sur de simples isolateurs, mais qu'ils soumettent une ligne expérimentale d'une certaine longueur aux effets de leur machine à imiter la foudre. Des études entreprises dans ce sens avec l'oscillographe cathodique de M. Dufour seraient extrêmement intéressantes à poursuivre.

M. Capart reprend ensuite la question de la protection des réseaux contre les ondes à front raide et les charges statiques, une discussion suit et les débats menaçant de s'éterniser, M. Parodi prie ceux qui y prennent part à rédiger par écrit leurs observations qui paraîtront dans les comptes rendus détaillés de la session.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 16 mai 1927.

Étalonnage direct d'un ondemètre en fonction des harmoniques d'un diapason, par MM. F. Bedeau et J. de Mare.

Cet étalonnage est effectué actuellement soit par la méthode bien connue du multivibrateur Abraham-Bloch (1), soit par la méthode de Dye (2).

Nous nous sommes proposé de réaliser un ensemble ne comportant pas, comme le multivibrateur, un circuit à ondes entretenues, dont la fondamentale doit être continuellement réglée sur un harmonique du diapason.

De même que Dye, nous avons montré un diapason entretenu électriquement au moyen d'une triode; le courant plaque de celle-ci passe dans le primaire d'un transformateur à noyau de fer dont le secondaire est relié à la grille d'une lampe A, rendue très négative; dans ces conditions, le courant plaque de cette triode est supprimé non seulement pendant les alternances négatives, mais encore pendant une partie des alternances positives (3). Le courant plaque de A traverse une bobine shuntée par un condensateur C; on conçoit que tout se passe comme si un tel courant était très riche en harmonique. On s'en assure en effectuant un montage identique à celui utilisé lorsqu'on opère avec le multivibrateur Abraham-Bloch; on emploie un hétérodyne auxiliaire et l'écoute se fait au téléphone T d'un récepteur recevant simultanément les ondes émises par l'hétérodyne et par le circuit plaque de A. L'expérience montre qu'en faisant varier la capacité C on obtient tous les harmoniques de son fondamental du diapason; cette capacité C peut d'ailleurs varier dans de larges limites, sans modifier l'intensité des harmoniques, les réglages sont donc très rapides. Chacun des harmoniques est décelé avec une extrême précision, puisqu'ils le sont par une méthode de battements, il ne subsiste plus que le son du diapason lorsque l'accord rigoureux est réalisé.

Au lieu de rendre la grille de A très négative, on peut utiliser un point de fonctionnement placé vers le milieu de la caractéristique, à la condition d'avoir une tension grille suffisamment élevée. Nous avons constaté à l'oscillographe cathodique que le courant plaque est représenté en fonction du temps par une série de droites horizontales raccordées par des lignes que l'on peut en première approximation assimiler à des droites verticales.

Avec cet appareil, nous avons étalonné un contrôleur pour les longueurs d'ondes supérieures à 3000 m, cette dernière correspondant au 77e harmonique environ. Il n'est nécessaire d'utiliser ni le circuit de choc du contrôleur, ni son circuit d'écoute; d'ailleurs la graduation du contrôleur par la méthode de résonance ou même par la méthode de zéro n'eût pas été assez précise pour le but que nous nous proposions (mesure de la fréquence fondamentale d'un quartz piézo-électrique). Le circuit à étalonner est légèrement couplé à la bobine de l'hétérodyne et l'écoute se fait toujours au téléphone T du récepteur; on règle l'hétérodyne sur un harmonique du diapason de telle sorte que les battements disparaissent et que l'on n'entend plus que le son du diapason; on agit alors sur la capacité C_1 du contrôleur. Lorsqu'on est au voisinage de la résonance, la réaction du contrôleur sur le circuit d'hétérodyne fait réapparaître les battements; ceux-ci disparaîtront au moment de l'accord exact et, comme il est bien connu, le contrôleur, à ce moment, ne perturbe plus le circuit d'hétérodyne.

Les pointés sont extrêmement précis et il est nécessaire de monter en parallèle avec le condensateur usuel de 2 mμf du contrôleur en condensateur de faible capacité (0,5 mμf) dont le curseur est pourvu d'un vernier au dixième. Dans la région du condensateur que nous avons utilisée, une variation de capacité correspondant au dixième de degré produisait une variation de fréquence égale à 6,4 vibrations par seconde, la fréquence mesurée étant de l'ordre de 60 000.

La fréquence fondamentale du quartz étant déterminée, on peut étalonner l'ondemètre pour les longueurs d'ondes inférieures à 3000 m, au moyen des harmoniques du cristal. Le cristal joue alors le même rôle que le diapason dans l'expérience précédente. Nous avons pu ainsi obtenir des harmoniques correspondant à des longueurs d'ondes de l'ordre de quelques mètres et l'on peut vraisemblablement descendre très au-dessous.

L'influence des actions mécaniques et des courants alternatifs sur les discontinuités d'aimantation du fer, par M. St. Procopiu.

1. L'aimantation d'une substance ferromagnétique se fait d'une manière discontinue. Le phénomène a été constaté par les expériences de Barkhausen (1919) (4) : l'aimantation progressive d'une substance provoque des courants induits qu'on peut étudier au moyen d'un amplificateur de T.S.F.: ces courants induits sont dus au renversement de l'aimantation des domaines élémentaires, dans les branches irréversibles des cycles d'aimantation (P. Weiss et G. Ribaud, 1922).

Van der Pol (1921) et R. Forrer (1926) ont trouvé de

(1) Abraham-Bloch. *Ann. de Phys.*, 12, 1919, p. 237.

(2) Dye, *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, 224, 1924, p. 259-300.

(3) Ce dispositif n'est autre que celui étudié par l'un de nous pour la mesure des différences de potentiel maxima (*Onde électrique*, n° 59, 1925, p. 462).

(4) Des observations analogues avaient été faites par P. Curie (*Œuvres*, 1908, p. 145, en note) : Un tore de fer doux était recouvert de deux bobines de fil, l'une en communication avec un galvanomètre sensible, dans l'autre circulait un fort courant constant. « Tant que le fer n'est pas saturé, on a des déviations au galvanomètre dues visiblement aux trépidations inévitables qui facilitent l'aimantation du fer. »

Digitized by Google

grandes discontinuités d'aimantation pour le ferro-nickel et le nickel soumis à un traitement spécial.

Le but de cette Note est d'exposer deux cas dans lesquels le fer présente de fortes discontinuités d'aimantation : 1° par des chocs mécaniques et 2° par une aimantation transversale alternative, obtenue en faisant traverser la tige de fer à étudier par un courant alternatif. Dans les deux cas, les particules aimantées élémentaires se trouvent dans un état de vibration qui facilite les renversements par l'aimantation progressive.

2. *Le dispositif expérimental.* — La tige de fer à étudier est placée à l'intérieur d'une bobine. Les courants induits dans la bobine sont amplifiés au moyen de deux amplificateurs à trois lampes triodes chacun, rectifiés au moyen d'un détecteur à galène, et constatés par un galvanomètre de sensibilité médiocre (10^{-7} amp/m).

L'aimantation de la tige de fer se fait par l'approche ou l'éloignement d'un aimant en barreau.

3. Résultats. — *Hystérésis.* — Lorqu'on approche un aimant de la tige de fer, le phénomène de Barkhausen est décelé depuis une distance de 3 à 4 cm ; mais lorsque alors on éloigne l'aimant, le phénomène persiste jusqu'à 40 cm et même plus. Arrivé à cette distance, si l'on retourne le pôle contraire vers la tige de fer et l'on avance vers elle, le phénomène est sensible à l'approche, bien que la distance soit grande.

L'allure du phénomène est due à l'hytérésis.

Lorsqu'on approche l'aimant de la tige non aimantée, l'aimantation se fait sur la courbe de première aimantation, mais lorsqu'on l'éloigne on se meut sur la partie de plus grande variation d'aimantation due au cycle hystérétique.

Actions mécaniques. — Le simple fait de toucher une tige de fer aimantée ou même la torsion de la tige à l'intérieur de la bobine provoque le phénomène de Barkhausen.

Si l'on applique des chocs mécaniques à une tige de fer pendant qu'on décrit un cycle d'aimantation, par l'approche et par l'éloignement d'un aimant, on constate que les chocs augmentent les impulsions galvanométriques lorsqu'on se trouve sur la branche ascendante et ils diminuent le phénomène sur la branche descendante du cycle d'aimantation.

Mais le phénomène est bien plus important pour une tige de fer qui, n'étant soumise à l'action d'aucun aimant, est frappée en bout. On constate, pendant qu'on frappe, de fortes impulsions au galvanomètre et sans fatigue pour le phénomène. Ces impulsions (β) s'obtiennent même avec les échantillons qui montrent un faible effet Barkhausen à l'approche d'un aimant (α). C'est ce que montre le tableau suivant :

SUBSTANCE	α	β
Lame mince de fer	60 mm	80 mm
Fil 0 mm. 5 diamètre	50	50
Fil acier	0	50
Tige 10 mm diamètre.	5	50-100

Actions d'un courant alternatif (aimantation transversale alternative). — Faisons passer un courant alternatif par la tige de fer à étudier. Si l'on approche ou l'on éloigne un aimant de la tige traversée par le courant alternatif (50 per : sec), on constate que les impulsions galvanométriques deviennent dix à quinze fois plus grandes par rapport à l'impulsion obtenue lorsque la tige n'est pas traversée par le courant alternatif. Le phénomène est tout aussi grand pour la tige épaisse qui présente un faible effet direct. Voici quelques membres :

Courant (ampères)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Impulsion galvano. . . .	10	50	115	150	180	215

L'effet augmente, dans des conditions analogues, avec l'intensité du courant alternatif, et paraît tendre vers une limite. Mais l'effet n'est pas dû au courant alternatif direct, mais à l'aimantation circulaire qui en résulte. Ceci est prouvé par l'expérience suivante : Mettons à l'intérieur de la bobine exploratrice une lame de fer enroulée en cylindre et suivant l'axe de ce cylindre introduisons un fil de cuivre. Si le fil de cuivre est traversé par le courant alternatif, l'approche ou l'éloignement d'un aimant du cylindre de fer provoque des impulsions galvanométriques tout aussi grandes que si le courant traversait directement le cylindre de fer.

Quant au courant continu, il provoque une diminution de l'effet Barkhausen, conformément aux observations de Gerlach et Lertes.

Sur les éléments photo-voltaïques à glycérine, par M. A. Grumbach.

Je me suis proposé de comparer un élément photovoltaïque à liquide fluorescent à un autre élément contenant le même corps actif, mais où la solution a été additionnée de glycérine. Nous verrons que l'on peut obtenir ainsi un accroissement des forces électromotrices.

La glycérine et ses solutions étant fluorescentes, j'ai tout d'abord étudié les piles : platine-eau glycérinée-platine. Une des électrodes est éclairée par les radiations de l'arc à mercure qui traversent l'eau et le verre. Le tableau suivant, où la quantité de glycérine est corrigée de la proportion d'eau qu'elle contenait, donne en millivolts l'effet Becquerel B et la force électromotrice d'adsorption A ; la durée de l'éclairement était de 5 minutes. Le palier définissant A est déterminé comme je l'ai indiqué antérieurement (1) :

GLYCÉRINE en grammes par litre.	B	A
692.	— 0,5	0,0
345.	— 0,1	— 0,1
238.	— 0,7	— 0,8
191.	— 8,1	— 9,1
188.	— 4,7	— 10,0 (maximum)
94,1.	— 0,9	— 1,3
47,0.	— 9,8	0,0
19,1.	— 0,0	0,0

Les forces électromotrices A et B sont ici de même signe ; il en est de même dans les solutions glycérinées de chlorure de potassium, mais les deux effets sont alors positifs et l'allure des courbes qui les donnent en fonction de la concentration en glycérine est différente. Par exemple, pour une solution contenant 24,6 gr de glycérine et 25,8 gr de chlorure de potassium par litre : $B = +1{,}1$ mv, $A = +11{,}3$ mv. Dans ce cas particulier, la force électromotrice passe par un premier maximum B à la fin de l'éclairement, tombe à zéro, puis atteint le palier A une heure après le commencement de l'expérience.

D'autre part une solution de fluorescéinate de sodium dans l'eau pure fournit les forces électromotrices suivantes :

CONCENTRATION en grammes par litre.	B	A
5.	0	+ 18,0
0,5.	— 11	+ 22,0
0,05	— 3,0	+ 3,6
0,0082	0,0	0,0

(1) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1102.

Digitized by Google

L'absence d'effet Becquerel aux fortes concentrations n'est qu'apparente; la lumière est absorbée en grande partie avant d'atteindre l'électrode disposée spécialement pour la mesure des forces électromotrices d'adsorption. Les deux maxima de B observés avec les solutions de glycérine appellent des réserves analogues.

L'eau glycérinée à 682 gr et la solution de fluorescéine à 0,0082 gr par litre sont donc toutes deux inactives. Au contraire, une solution contenant à la fois de la glycérine et de la fluorescéine à ces mêmes titres donne une force électromotrice d'adsorption de + 17,5 millivolts; l'effet Becquerel inappréciable à cette concentration, apparaît, négatif, dans les solutions plus étendues en glycérine, mais contenant la même proportion de fluorescéine. Par exemple, avec 17,1 gr, de glycérine par litre, A = 0, B = — 1 mv.

Les signes opposés constatés ici sont donc les mêmes que ceux des forces électromotrices des piles à fluorescéine dissoute dans l'eau pure, sans addition d'alcali. Le polyalcool concentré augmente l'importance des phénomènes électriques sans en charger le sens.

Mesures de la conductibilité électrique de l'atmosphère dans la région du Pôle Nord, par M. Malmgrön Rehounek.

Les mesures de la conductibilité électrique de l'atmosphère ont été effectuées par le premier de nous deux pendant la traversée du dirigeable *Norge* de Kingsbay (Spitzberg) à Teller (Alïaska) par le Pôle Nord, lors de l'expédition polaire Amundsen-Ellsworth-Nobile.

L'appareil de mesure était un aspirateur Gerdien combiné avec un électromètre bifilaire Wulf et chargé à l'aide d'une pile sèche Zamboni. L'appareil a été placé dans la nacelle du commandant, en avant du dirigeable, de façon qu'il n'y ait pas lieu aux perturbations éventuelles causées par les exhalations des moteurs. L'armature extérieure de l'appareil a été réunie à la construction métallique de la nacelle et l'aspiration de l'air se faisait automatiquement par le mouvement du dirigeable, dont la vitesse était généralement supérieure à 50 km par heure. Avec la capacité de l'appareil égale à 11,0 cm, et la sensibilité moyenne de l'électromètre de l'ordre de 1 v par division de l'échelle, on obtenait en 2 minutes un effet de décharge qui a pu être déterminé avec une précision suffisante. Le système isolé était maintenu dans sa position par un seul morceau d'ambre qui était à l'abri du courant d'air et protégé contre celui-ci. Ainsi on a conservé un isolement parfait et le courant spontané était généralement inférieur à 5 pour 100 du courant observé, étant de l'ordre de 10^{-5} U.E.S. Ce courant était déterminé avant et après chaque série de mesures.

A part la première série d'observations qui a eu lieu au-dessus de la mer ouverte, toutes les autres ont été faites au-dessus de la glace du bassin arctique gelé. Tous ces résultats accusent un ordre de grandeur qui, aux mêmes altitudes et avec la même unipolarité prédominant, a été trouvé déjà dans les latitudes de l'Europe centrale (1).

Ces résultats sont contraires à l'hypothèse qui cherche, en conséquence des mesures magnétiques de Bauer (2) dans la région du Pôle Nord, un afflux d'électricité négative, à moins que l'afflux en question ne soit constitué par des électrons trop rapides, qui, d'après Swann, n'ont plus le pouvoir ionisant (3).

La supposition d'un courant électronique de cet ordre n'est pas en désaccord avec le résultat négatif obtenu par le second de nous deux à la recherche d'un afflux électronique à Kingsbay (Spitzberg, 78°54'N, et 12°0'E de Gr.). Les résultats, présentés dans cette Note et ceux, obtenus à Kingsbay, où l'on a notamment constaté un manque presque absolu de produits radioactifs dans l'atmosphère, seraient un indice d'une influence considérable de l'état d'ionisation des couches plus élevées de l'atmosphère sur l'ionisation des couches basses, tout en laissant ouverte la question de l'agent principal de l'ionisation atmosphérique dans les régions arctiques.

(1) Wigand, *Physikalische Zeitschrift*, 22, 1921, p. 81.
(2) Bauer, *Terr. Magn.*, 25, 1920, p. 145.
(3) Swann, *Phil. Mag.*, 47, 1924, p. 506.

REVUE DE LA PRESSE

RADIATIONS

Production de rayons cathodiques à haute tension, en dehors de tube générateur. (*Journal of Franklin Institute*, décembre 1926.) — Les lecteurs de cette Revue connaissent bien les tubes à rayons X, dits tubes Coolidge, utilisant l'émission thermoélectronique du tungstène comme source d'électrons et mettant en jeu une tension très élevée pour imprimer à ces électrons, dans un vide aussi poussé que possible, une très grande vitesse qui leur permet de produire, par leur choc contre l'anticathode, des rayons X de dureté réglable à volonté.

Coolidge a cherché à appliquer les mêmes principes à la construction d'un tube à rayons cathodiques à haute tension permettant d'obtenir, en dehors du tube, un rayonnement cathodique intense.

Lenard a réussi le premier en 1894, à faire sortir les rayons cathodiques du tube de Crookes à travers une fenêtre d'aluminium mince. La même idée a été souvent reprise depuis cette époque, mais Coolidge paraît l'avoir développée d'une manière très importante.

Le tube a la même forme générale que le tube Coolidge à rayons X. Deux modèles ont été établis, dans lesquels l'ampoule de verre a respectivement 20 et 30,5 cm de diamètre. Deux tubes diamétralement opposés portent la cathode et l'anode et la longueur totale du tube est, suivant le modèle, de 80 ou 155 cm. Le vide est fait aussi complètement que possible et la tension maxima que le tube peut supporter s'élève à 250 000 v ou à plus de 550 000 suivant le modèle.

La cathode est une spirale plate de tungstène incandescent, placé au fond d'une coupe de molybdène destinée à concentrer le faisceau cathodique. Celui-ci s'engage bientôt dans un cylindre de cuivre destiné à protéger le verre de la tubulure anodique contre les décharges disruptives, et centré sur la véritable anode dont il fait partie. L'anode proprement dite comporte une fenêtre métallique mince qui est frappée et traversée par le faisceau cathodique lors de la sortie dans l'air. Cette fenêtre, en aluminium de 0,02 mm dans les premiers essais, est maintenant constituée par une lame de nickel de 0,015 mm d'épaisseur et de 6 cm de diamètre. Elle est soutenue à l'intérieur du tube par une grille de molybdène formée de cellules hexagonales de 6 mm de largeur et de 5 mm de profondeur. Elle est soudée sur son parcours à un anneau d'acier invar qui lui-même est soudé au tube de verre.

On obtient ainsi, en dehors de la fenêtre de nickel, un faisceau large et intense de rayons cathodiques à vitesse réglable. L'air est rendu lumineux sur une grande profondeur et le rayonnement donne lieu à toute sorte d'effets intéressants. Pour mesurer approximativement le pouvoir pénétrant des rayons dans l'air, on peut utiliser soit leur action photographique, soit la phosphorescence de la chaux. La pénétration est de l'ordre du mètre. Bien entendu, les gaz et les solides rencontrés deviennent sources de rayons X.

Digitized by Google

On a soumis à l'action du rayonnement une foule de substances et les effets obtenus permettent d'espérer des applications intéressantes. Le diamant ne paraît pas altéré, mais la silice fondue se colore en pourpre en décelant les inégalités de sa structure interne. Le sel gemme et la sylvine sont également colorés rapidement par le rayonnement. La calcite et plusieurs autres substances présentent, en plus de certaines phosphorescences, de curieuses scintillations qui paraissent être accompagnées de ruptures microscopiques internes liées à la pénétration des électrons. Les actions physiologiques des rayons ne sont pas moins curieuses : les bactéries sont tuées rapidement, les tissus végétaux et animaux sont profondément et rapidement altérés. Il y a là sans doute le point de départ d'intéressantes applications médicales. B. B.

Emission de rayons analogues aux rayons X par les corps faiblement conducteurs. — En 1920, M. Reboul a découvert qu'une feuille de papier entre deux points de laquelle on établit une différence de potentiel de quelques centaines de volts acquiert la propriété d'impressionner la couche sensible d'une plaque photographique placée à son contact ou à son voisinage immédiat.

L'étude systématique du phénomène lui a permis d'en découvrir les lois générales.

Deux conditions sont nécessaires à sa production : le corps mis en expérience doit être conducteur, mais faiblement conducteur, de plus il doit être physiquement hétérogène ou présenter des discontinuités superficielles. Ainsi les isolants ou les métaux ne produisent aucun effet photographique, le papier glacé, assez homogène, et faiblement conducteur, ne donne d'action que dans le voisinage des électrodes, mais si l'on y fait des incisions superficielles qui créent des discontinuités, on constate que la plaque est impressionnée dans le voisinage des points où l'on a fait des incisions.

M. Reboul a établi que l'action photographique n'est pas due aux gaz que pourrait dégager l'électrolyse de l'eau ou des sels contenus dans le papier, ni à des aigrettes jaillissant à la surface du papier. Il l'interprète en admettant que le courant provoque l'apparition des chutes de potentiel aux points où il y a discontinuité de résistance par suite soit de la présence de rayures, soit de l'existence d'hétérogénéités. Ces chutes de potentiel seraient suffisantes pour produire des décharges disruptives dans le corps ou dans le milieu gazeux environnant, décharges qui s'accompagneraient de l'émission d'un rayonnement absorbable qui, comme les radiations ultraviolettes et les rayons X, agirait sur la plaque photographique.

Soit V la chute de potentiel créée en un point du conducteur où il y a une hétérogénéité ou une rayure superficielle, e la charge de l'électron. Supposons que les décharges se produisent dans les couches d'air qui avoisinent le conducteur et admettons que la formule de Planck soit applicable. En franchissant une chute de potentiel, les électrons acquièrent une certaine énergie dont la perte, par le choc sur l'un des bords de la coupure, sera accompagnée d'une émission de radiation de fréquence n.

$$Ve = hn \quad (h = \text{C}^{\text{te}} \text{ de Planck}).$$

L'impression photographique permet de compter approximativement le nombre de discontinuités et, par là, la valeur moyenne de V. Avec une tension d'un millier de volts appliquée à du papier à grosses fibres, on a trouvé V de l'ordre de 50 v, d'où $\lambda = 240$ angströms environ.

En des recherches récentes, M. E. Bodin (*Thèse*, Paris, 1926) a complété nos connaissances sur ce curieux phénomène. Voici les principales de ses conclusions :

L'étude de la pénétration dans l'air des radiations émises par les corps mauvais conducteurs, de constitution hétérogène et plus spécialement au contact de ces corps et d'une électrode métallique, lui a montré que le faisceau est très complexe.

Tandis que les cellules de papier tout d'abord utilisées supportent difficilement, sans se rompre, des tensions de quelques centaines de volts, il a pu étudier, sous des tensions très supérieures, des cellules à résistance constituées par des poudres agglomérées et obtenir des radiations plus pénétrantes. Aucune relation n'a pu être établie entre la constitution chimique des substances essayées et la propriété d'émettre le rayonnement. Les sulfates et quelques oxydes ont donné les meilleurs résultats. Il convient de mentionner le cas du carbonate de cuivre qui n'émet qu'au contact d'une électrode négative.

La pénétration moyenne du rayonnement pour ces cellules augmente avec le temps et avec la tension appliquée. Ce rayonnement est de même nature que celui des cellules de papier et en possède tous les caractères.

L'émission est corrélative d'une diminution rapide en fonction du temps, de l'intensité qui traverse les cellules et de la non-proportionnalité de l'intensité limite avec la tension appliquée.

L'étude de la distribution des potentiels montre que l'émission est toujours corrélative aussi d'une discontinuité qui se produit au contact de la substance et de l'électrode métallique, ou tout au moins dans une couche de très faible épaisseur voisine de ce contact. Ces chutes augmentent avec le temps, d'abord assez rapidement, puis atteignent une valeur limite.

En filtrant le rayonnement par des pellicules très minces de celluloïd, M. Bodin a mis en évidence l'existence, dans le rayonnement émis, de radiations très pénétrantes d'une longueur d'onde voisine de 50 U. A. Le mécanisme de l'émission par les cellules de résistance ne semble pas différer de celui des rayons de Roentgen. A. B.

Les rayons β de collision. — L'ionisation que déterminent les rayons α en traversant la matière est en partie indirecte. Les ions ne sont pas tous produits sur le passage de la particule α elle-même, mais aussi par l'intermédiaire de rayons corpusculaires plus ou moins pénétrants, qui prennent naissance le long de sa trajectoire. On a souvent donné le nom de « rayons δ » à ces rayons secondaires, en général peu pénétrants. Cette dénomination semblerait indiquer une nature profondément différente de celle des rayons α, β, φ, tandis qu'en réalité ce sont de véritables rayons β, des électrons animés de vitesses plus ou moins grandes dont l'origine seule, d'ailleurs variable suivant les cas, les distingue des rayons cathodiques ou des rayons β des corps radioactifs.

Une première espèce de rayons δ est produite lors de l'impact des particules α sur les métaux, par suite, sans doute, d'un effet thermoionique local.

M. P. Auger (*Thèse*, Paris, 1926) a étudié une seconde espèce de rayons prenant naissance le long du parcours des particules α dans les gaz. Il a observé et photographié les trajectoires à l'aide d'une méthode utilisant la condensation qu'ils provoquent dans la vapeur d'eau. Comme source, il a pris un fil d'argent portant à son extrémité soit un dépôt très actif de polonium, soit du thorium *C'*.

Ces rayons corpusculaires se manifestent par de courtes trajectoires adjacentes à celles du rayon α, dirigées vers l'avant, c'est-à-dire faisant avec la direction de propagation de ce rayon des angles inférieurs à 90°. Leur longueur maxima atteint 1 mm dans le cas du polonium et 2,9 mm pour le thorium *C'*.

M. Auger admet que le rayonnement α, passant au voisinage des électrons contenus dans les molécules du gaz, leur communique des mouvements hyperboliques qui ont pour effet de les projeter de côté et en avant.

L'application des principes de la mécanique, simplifiée par

Digitized by Google

le fait que la masse de l'électron est très petite par rapport à celle de la particule α, donne une relation entre la vitesse du rayon β produit et sa direction, ainsi que la valeur absolue de cette vitesse en fonction de celle de la particule productrice. Les formules obtenues sont très bien vérifiées par les résultats des mesures.

On peut enfin prévoir théoriquement combien une particule α produira, sur 1 cm de son parcours, de rayons β possédant les diverses vitesses possibles, depuis zéro jusqu'au double de celle de la particule. Ce calcul conduit à une formule contenant N, nombre d'Avogadro, et qui est bien d'accord avec l'expérience. On pourrait inversement fonder sur les mesures faites une évaluation nouvelle de N, en admettant la validité des hypothèses énoncées. A. B.

T. S F.

Principe de la téléphonie sans fil. — Dans une étude récente (*Bulletin de la Société d'Encouragement à l'Industrie nationale*, juillet-août-septembre 1926), le commandant Julien a fort clairement exposé les principes sur lesquels repose la téléphonie sans fil.

1. Le principe de la radiotéléphonie consiste à moduler suivant le rythme de vibrations sonores des ondes entretenues de haute fréquence produites par un émetteur de T. S. F.

On utilise pour cela un microphone qui, par ses variations de résistance électrique sous l'influence de l'onde sonore, agit sur l'amplitude des oscillations de haute fréquence produites par l'émetteur.

A la réception, après détection et sans emploi d'hétérodyne, le courant moyen dans le téléphone suit les variations d'intensité des ondes électriques reçues et par l'intermédiaire de la membrane vibrante, reproduit le son de l'émission. Pratiquement, la difficulté consiste à satisfaire aux conditions nécessaires pour que les sons rendus par le téléphone à la réception reproduisent avec fidélité les sons qui, par l'intermédiaire du microphone, ont modulé les ondes de l'émission.

2. Les sons produits soit par la musique, soit par la parole, peuvent être considérés comme la superposition de sons simples : un son fondamental de fréquence f et une série d'harmoniques de fréquences $2f$, $3f$..., nf, parfois plus importants que le son fondamental.

Si l'on considère l'onde d'émission de haute fréquence F modulée par le son de fréquence f, on montre qu'elle résulte de la superposition de l'onde primitive de fréquence F, dite *onde porteuse*, et de deux ondes latérales et fréquence $F + f$ et $F - f$.

Chacun des harmoniques du son complexe donnant naissance à deux ondes latérales de fréquence $F + pf$ et $F - pf$ (p étant le rang de l'harmonique considéré), on voit que l'onde modulée totale comprend, outre l'onde porteuse de fréquence F, deux séries d'ondes latérales dont les fréquences s'étendent, pour la série supérieure, de $F + f$ à $F + nf$ et, pour la série inférieure, de $F - f$ à $F - nf$.

Puis pour obtenir à la réception la reproduction exacte des sons complexes émis devant le microphone, il faut que les amplitudes relatives des différents harmoniques soient fidèlement conservées, d'une part dans les ondes modulées de l'émission (c'est le fait des appareils d'émission) et d'autre part dans le courant détecté de réception, qui agit sur le téléphone (c'est le fait des appareils de réception).

a. Les microphones, les amplificateurs, les transformateurs et les écouteurs téléphoniques, et particulièrement les récepteurs haut-parleurs, favorisent, en général, certains harmoniques ou même introduisent des sons parasites.

b. La détection, non seulement reconstitue par interférence entre l'onde porteuse et les différentes ondes latérales les sons élémentaires de la voix, mais encore fait apparaître, par interférence entre elles des deux séries d'ondes latérales ($F \pm pf$ d'une part et $F \pm qf$ d'autre part) toute une série d'harmoniques parasites, en particulier les harmoniques doubles de ces sons élémentaires.

Par exemple, si le son émis se décompose en une série de 13 harmoniques (y compris le son fondamental), le son reçu comprendra, en outre, les 13 harmoniques suivants, c'est-à-dire qu'il s'étendra jusqu'au 26e harmonique.

L'amplitude de ces harmoniques parasites est d'autant plus grande que les ondes reçues sont modulées plus profondément. Aussi convient-il de ne pas moduler les oscillations de l'émission jusqu'à ce que leur intensité puisse devenir nulle pour certains sons. En particulier, pour la radiodiffusion, où la pureté de l'émission a une importance essentielle la modulation doit être peu profonde (1/3 ou 1/2 au maximum).

c. L'accord de l'antenne ou du cadre de réception sur la fréquence porteuse F a pour effet de favoriser l'onde porteuse de fréquence F, tandis que les ondes latérales (de $F \pm f$ à $F \pm nf$) sont affaiblies d'autant plus qu'elles s'éloignent davantage de F, c'est-à-dire que les harmoniques de modulation correspondante sont de rang plus élevé. Cet effet est d'autant plus sensible que l'accord du récepteur sur l'onde porteuse est plus aigu, c'est-à-dire que la réception est plus syntonisée.

3. Cette dernière cause de déformation intervient surtout dans les ondes longues pour lesquelles les fréquences des harmoniques les plus élevés de la parole et de la musique cessent d'être très petites vis-à-vis de la fréquence porteuse de l'émission.

Pour reproduire la parole d'une manière intelligible, on admet qu'il faut transmettre, avec leurs rapports d'amplitude, toutes les vibrations comprises entre 100 et 2000 per : sec. Mais pour conserver le timbre, il faut aller bien au delà. Pour la musique instrumentale, les fréquences des harmoniques, dont la reproduction intégrale est nécessaire pour la conservation des timbres, s'étendent de 15 per : sec jusqu'au delà de 20 000 per : sec.

Donc, dans le cas de la parole, la bande de fréquences pratiquement utiles s'étend sur 4000 per : sec, comprises entre $F - 2000$ et $F + 2000$, F étant la fréquence de l'onde porteuse.

Pour une longueur d'onde de 100 m, soit $F = 3 \times 10^6$, le rapport $\frac{2000}{F} = \frac{1}{1500}$ est très petit, et la bande d'onde à recevoir comprise entre 99,925 m et 100,065 m, est aussi relativement très petite (15 cm pour 100 m).

Le rapport $\frac{2000}{F}$ et la longueur de la bande d'ondes utile croissent très rapidement avec la longueur d'onde. Pour une longueur d'onde de 15 000 m (poste de Lyon) la longueur utile s'étend de 13 636 m à 16 660 m.

Donc, d'une manière générale et surtout pour les grandes ondes, il convient de ne pas employer de dispositifs de réception trop syntonisés, sinon les harmoniques de modulation de rang élevé sont étouffés ou très affaiblis et la parole et la musique sont très gravement déformées.

Cette condition exclut la possibilité de mettre en œuvre pour la réception radiotéléphonique les systèmes antiparasites normalement employés pour le trafic radiotélégraphique et qui sont fondés sur l'emploi de résonances aiguës.

En outre, dans le cas des ondes longues, étant donné l'étendue des bandes d'ondes balayées par l'émission, il est impossible d'éviter les brouillages entre émissions de longueurs d'ondes, même assez éloignées. En particulier la téléphonie sans fil par ondes longues gênerait considérablement la réception des émissions radiotélégraphiques. Aussi, dans la plupart des applications et en particulier, dans la radiodiffusion, les ondes moyennes et les ondes courtes (au-dessous de 3000 m) sont exclusivement employées. A. B.

L'Editeur-Gérant : A. LAHURE.

91 849. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris. — 1927

Digitized by Google

36e Année. — N° 843. 10 Août 1927.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTEUR EN CHEF
ALFRED SOULIER
Le 2e vendredi de chaque mois de 15 h. à 16 h.

ABONNEMENTS
Paris et Départements : 30 francs par an.
Union postale : 40 francs par an.

ADMINISTRATION
9, rue de Fleurus, 9. — Paris (VIe)
TÉLÉPHONE :
Ségur 04-23 et Ségur 04-44.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction au Rédacteur en Chef, 9, rue de Fleurus.

Pour toute demande de numéros de L'Industrie Électrique *on est prié de joindre, à la demande, le montant de l'envoi, en timbres-poste ou en mandat postal.*

SOMMAIRE

Informations. — Remarque sur les lignes de transmission à haute tension. — Concession Russe en faveur de la Suède. — Radiotélégraphie en Bulgarie. — Fours électriques à électrode continue de grande section. — Un nouveau dispositif d'essai des appareils téléphoniques. — La Compagnie Marconi en Bolivie. — Le platine du Transvaal. — Répétiteurs téléphoniques en Nouvelle-Zélande. — Transition de la téléphonie manuelle en téléphonie automatique à Londres. — L'industrie hydro-électrique dans la péninsule Ibérique. — Distinctions honorifiques . . . 537

La concentration des ions hydrogènes. **A. Boutaric**. 541

Résumé critique des derniers travaux sur les diélectriques. **J. M.** 545

Note sur un nouveau type de moteur asynchrone a trois vitesses. **P. N.** 551

Un nouveau commutateur rotatif pour téléphonie automatique. **J. M.** 555

Comptes rendus de l'Académie des Sciences. — Bruissement dans l'aimantation du fer, par M. **Arkadimew**. — Sur la perméabilité du fer aux fréquences élevées, par M. **C. Gutton** et Mme **I. Mihul**. — Sur le réglage des régulateurs à commande directe munis d'amortisseurs, par M. **André Blondel**. — Sur le renforcement de la tension d'une courroie par le fait de son enroulement sur la poulie, par M. R. **R. Swyngedauw**. — Sur une nouvelle méthode d'étude du dépôt électrolytique des radioéléments, par M. **Joliot**. 554

Revue de la presse. — *Radiations* : Le rayonnement des antennes de la T. S. F. — Quelques propriétés nouvelles des rayons X. — *T. S. F.* : Réception par cadre en radiotélégraphie et radiotéléphonie. — *Divers* : L'emploi de l'électricité dans l'agriculture. — Relevé de défauts à des lignes aériennes au moyen d'aéroplanes. — L'électrification des chemins de fer fédéraux suisses. — L'Association des électrotechniciens allemands. 558

INFORMATIONS

Remarque sur les lignes de transmission à haut tension. (*The Electrical Review*, 10 juin 1927.) — L'importance de la transmission de l'énergie électrique sous de hautes tensions s'accroît chaque jour ; non seulement ces tensions deviennent nécessaires pour la transmission de puissances moyennes sur de longs parcours, mais elles semblent également intéressantes dans le cas de très grosses puissances à transmettre moins loin. Si cette dernière opinion se précisait, on serait conduit à rechercher des câbles de dimensions beaucoup plus importantes que ceux utilisés actuellement.

Bien que des câbles de 226 cm² de section aient déjà été posés, on préfère généralement ne pas dépasser 160 cm². En raison du plus grand diamètre extérieur des câbles à forte section, et, par conséquent, de leur plus grande rigidité nécessaire, l'enveloppement métallique des conducteurs semble utile, à la fois au point de vue du maintien mécanique dont bénéficierait le papier et à celui de l'accroissement du gradient de potentiel ; cet enroulement métallique permettrait une réduction de l'épaisseur du diélectrique, et d'atteindre des gradients de potentiel de l'ordre de 5000 v par mm.

Les câbles triphasés à 33 000 v, du type habituel, n'ont pas donné entière satisfaction, en Angleterre, au cours des dernières années. Malgré de considérables travaux la question n'a pu avancer sensiblement du fait de l'impossibilité de reproduire en laboratoire certains facteurs de rupture d'un câble déjà en service.

Bien que les plus grands soins soient apportés à la manufacture et à la manutention des câbles qui doivent être soumis à des essais de tensions alternatives et continues, il n'est pas inutile de rappeler que ces essais peuvent être dangereux pour le câble, en l'absence de certaines précautions. Mais, après avoir supporté normalement le double de tension de service prévue, on trouve de ces câbles hors de service après quelques mois seulement d'exploitation.

Une rupture diélectrique demande un certain temps avant de se produire. Il semble donc qu'il existe une relation déterminée entre le temps et la tension appliquée, à laquelle les effets cumulatifs de surtensions diverses, dues à des manœuvres d'interrupteurs ou autres, s'ajoutent pour donner lieu à une

Digitized by Google

détérioration progressive du diélectrique. Le fait qu'un câble n'est jamais (ou presque) chargé à sa capacité maxima d'utilisation pendant les quelques jours qui suivent sa mise en service, peut intervenir dans l'observation précédente. Un câble endommagé peut avoir des répercussions sur les autres câbles du même réseau ; le phénomène est très net lorsqu'un câble en bon état suit le même chemin qu'un câble défectueux. Tout deux deviennent fréquemment mauvais. Il est probable que les efforts supportés par le câble sain n'auraient pas d'effet permanent si l'on prenait la précaution de le laisser se reposer de temps à autre en le mettant hors circuit. Mais l'inverse a lieu plus fréquemment : le câble sain supporte sa charge propre et celle de son voisin défectueux tout le temps que dure sa réparation.

Les surtensions instantanées, provoquées par les défauts de câbles, mettent en jeu des énergies si considérables que, même avec des appareils de protection les plus sensibles, le câble fautif peut être détérioré dans ses parties encore saines.

On a remarqué que les câbles à 33000 v présentaient une faiblesse particulière aux endroits où ils reposent dans des conduites de fer.

Ces faiblesses peuvent se manifester non seulement dans les conduites, mais aussi extérieurement à elles. Elles peuvent avoir différentes causes : Le câble peut avoir été soumis à un effort mécanique trop important, en cours de pose, notamment dans des conduites non rectilignes, et surtout si le changement de direction de celles-ci s'effectue simultanément dans deux plans différents. Il y a alors danger de rupture des conducteurs et des vides se créent au point le plus faible du diélectrique.

La dissipation de chaleur des câbles sous conduites est moindre que celle de câbles reposant directement dans le sol. Bien qu'en pratique, on ne mette sous conduite que ceux de forte section, la conductivité thermique inférieure de l'air des conduites, ajoutée au fait qu'elles sont généralement enfouies à plus grande profondeur dans le sol que les câbles non recouverts, et placées souvent sous ciment, entraîne une élévation de température en certains points. Ces élévations sont contraires à la conservation du diélectrique; elles peuvent, en outre, donner lieu à une dilatation du cuivre qui provoque une distorsion du câble si rien n'est prévu pour la prévenir.

Il est d'ailleurs possible que l'explication du phénomène soit purement électrique. Lors d'une défection, il se produit un important déséquilibre d'intensité, déterminant un champ magnétique alentour du câble. Dans ces conditions, l'appel instantané de courant rencontrant une réactance accrue par l'inductance des conduites métalliques peut provoquer une surtension dans le câble, en certains points où le diélectrique se trouve contraint de céder.

La rupture peut ne pas être immédiate et ne se révéler qu'à la remise en service du câble.

Dans un grand nombre de cas, les défauts ne se sont révélés que pour de faibles charges dans les câbles, les samedis après-midi, par exemple, ou de bonne heure dans la matinée. Le phénomène ne s'explique pas clairement; il est probable que la faible température des câbles à ces heures particulières intervient,

La contraction du compound d'imprégnation peut écarter celui-ci de certains points du diélectrique en début de détérioration; la carbonisation s'en trouve favorisée; la fonction éventuelle de deux points faibles semblables entraîne la rupture finale. D'autre part, il est possible que pendant le refroidissement des câbles, la pression interne du compound ait tendance à diminuer sous l'influence de la contraction; toute trace d'air à l'intérieur du diélectrique peut alors s'ioniser, en favorisant la rupture si cette ionisation se produit justement en un point déjà affaibli.

Il existe des divergences d'opinion très marquées sur la composition exacte des imprégnations. Un compound doit être suffisamment visqueux pour supporter toute variation anormale du gradient de potentiel, qui pourrait présenter un danger pour le câble en ses endroits humides.

L'imprégnation avec un compound visqueux est sans doute plus difficile; mais le papier en retient davantage pour le plus grand bénéfice de sa résistance au champ électrique. La viscosité doit cependant permettre au compound d'être chassé du papier sous l'influence des forces internes, et d'y retrouver sa place, après l'expansion de ces forces.

Les compounds nettement fluides sont susceptibles d'applications très efficaces présentant des avantages très nets. Il faut prévoir un réservoir de ce compound, et des joints à diaphragmes, ainsi qu'une enveloppe de plomb suffisamment résistante. Le câble travaille alors à pression de diélectrique constante.

Les diélectriques fluides sous tension sont très favorables à l'isolement. Leur expulsion du papier est plus aisée; ils y reprennent leur place sous des variations de pression électrique plus rapides. Le câble doit en être complètement et soigneusement rempli, de telle sorte qu'il y ait impossibilité matérielle à se créer des poches de vide lors de la pose, ou d'une variation de température. Le contact entre les conducteurs et leurs enrobements sont beaucoup plus étroits, ce qui offre un avantage important au point de vue de la résistance aux efforts.

L'idée du câble à imprégnation fluide peut encore être poussée plus loin, les câbles pourraient comporter des canalisations intérieures qui ne seraient remplies de compound qu'après leur pose. Ils devraient alors être suffisamment renforcés ou armés, pour parer aux risques de torsion pendant la pose. J. M.

Concession Russe en faveur de la Suède. (*The Electrical Review*, 10 juin 1927.) — Il avait déjà été fait mention de pourparlers engagés entre la compagnie suédoise « Allmänna Svenska Elettriska Aktiebolaget » et les autorités soviétiques pour la concession, à la première, d'une entreprise de construction de machines électrique en territoire russe. La compagnie Suédoise avait déjà commencé la construction d'ateliers à Yaroslaff, pendant la guerre. A la suite de la révolution, les travaux avaient été interrompus. Il est convenu, parmi d'autres accords, de les reprendre maintenant.

Les négociations ont été conduites, pour la Suède, par M. Lindgren qui prendrait en main la direction des usines de Russie; l'accord fut signé par la Commission des concessions Soviétiques, à Moscou, le 25 mai dernier, en présence du consul suédois de cette ville. Dans cet accord, la A. S. E. A. possède le droit de construire et d'équiper, dans la ville de Yaroslaff, des ateliers de construction de machines électriques à courant alternatif de puissances comprises entre 1/4 et 700 ch. L'accord est établi pour 35 ans.

La Compagnie Suédoise doit commencer ses travaux dans un délai de 3 mois à dater de la signature de l'accord, et de telle sorte que sa production atteigne 2000 tonnes en 1929-1930 et 4000 tonnes l'année suivante. L'importation des équipements nécessaires à l'organisation des ateliers, sera libre de toute taxe pendant 4 ans. La matière première ne pourra être importée, sous les taxes habituelles, qu'à la condition de ne pouvoir être trouvée en territoire russe.

Les accords prévoient l'importation par la Compagnie concessionnaire de certains articles électriques destinés à être revendus en Russie. Cependant, ce droit de vente est limité à l'état, à des organisations coopératives, et à des Compagnies dans lesquelles l'état est intéressé. Les bénéfices résultant de ces ventes ne doivent pas être dépensés à l'étranger, mais être investis dans l'entreprise. En paiement de la concession, la Compagnie versera au Gouvernement soviétique une participation prévue par l'accord. Dans le cas où les bé-

Digitized by Google

fices de l'entreprise dépasseraient un certain chiffre, ce Gouvernement toucherait une part supplémentaire. Toutes les taxes et impôts seront payés par le concessionnaire au même titre qu'une entreprise de l'Etat menée sur une base commerciale.

A l'expiration du contrat, toute l'entreprise, en de bonnes conditions de marche, et basée sur sa capacité productive atteinte au cours des deux dernières années, reviendra au gouvernement soviétique, libre de toute charge et nette de toute indemnité, avec la seule redevance au concessionnaire des frais encourus par la Compagnie pendant les cinq dernières années, ces frais ayant été engagés d'accord avec le Gouvernement.

En dehors des précédentes informations de source officielle Russe, l'accord laisserait, paraît-il, carte blanche à la Compagnie, pour l'engagement de main-d'œuvre suédoise.

Ce sont les mêmes usines, commencées en 1910, dont la construction va être reprise maintenant. Ces usines n'avaient jamais été nationalisées. La Compagnie suédoise s'étant maintenue en relations constantes avec la Russie, par l'intermédiaire de ses chargés d'affaire à Leningrad, connait parfaitement la situation économique du pays. La fabrication ne pourra porter que sur des moteurs normaux à courant alternatif d'une puissance maxima de 700 ch. La capacité de débit des ateliers atteindra 50000 machines par an d'une puissance moyenne de 10 à 12 ch. Le personnel spécialisé, ingénieurs et ouvriers, sera amené de Suède. Les bénéfices annuels ne dépassant pas 25 pour 100 seront totalement acquis à la Compagnie. Le surplus, s'il y en a, sera réparti entre elle et le gouvernement suivant une échelle déterminée. La Compagnie conserve le droit d'exporter ses bénéfices.

Ce point particulier, d'origine officieuse, ne cadre pas avec l'affirmation officielle des soviets. Selon M. Linden, l'étude préliminaire des réalisations serait confiée à une société suédoise spéciale, au capital actions de 10 000 000 kr, à laquelle la concession et les ateliers seraient transmis ultérieurement. En marge du droit d'importation en Russie d'une certaine quantité de produits semi-manufacturés, la Compagnie est autorisée à importer de ses propres ateliers en Suède, des articles finis, pour être vendus aux prix courants. Enfin, d'après l'accord, la Compagnie bénéficierait des travaux qu'elle a déjà effectués en Russie, qui sont officieusement évalués à 10 000 000 kr.

J. M.

Radiotélégraphie en Bulgarie. (*The Electrical Review*, 10 juin 1927.) — La Commission chargée de l'examen des propositions pour la construction de stations d'émissions radiotélégraphiques a retenu particulièrement les offres de la Compagnie Marconi Anglaise qui se chiffrent par 33 millions de leva.

Le Ministère des Postes et Télégraphes a sanctionné ce conseil. Deux maisons Allemandes et une maison Française avaient également soumissionné.

Parmi les appareils destinés à la Station de Sofia, on note un émetteur à grande vitesse d'une puissance d'anode de 10 kw sur la gamme de longueurs d'onde 36-72 m destiné aux liaisons avec postes de même marque situés en Angleterre, au moyen desquels Sofia touchera les principales capitales du monde. Le poste de Sofia comporte également un émetteur à grande vitesse, sur grande longueur d'onde, télégraphique et téléphonique destiné aux communications avec Vienne sur la gamme 2000-4000 m.

La réception comporte un récepteur commercial à grande vitesse prévu pour les longueurs d'onde de 1200 à 25000 m, et un récepteur d'oudes courtes 15-100 m.

Ces postes seront exploités par l'Administration des Postes et Télégraphes. Le bureau central télégraphique possédera en outre des appareils lui assurant le contrôle des émissions et des réceptions.

J. M.

Fours électriques à électrode continue de grande section. (*The Electrician*, 20 mai 1927.) — Les fabricants d'acier spéciaux, de carbure de calcium, et autres matières semblables, qui ont besoin d'importantes quantités d'énergie, ont essayé de pousser au maximum la puissance de leurs fours dans le but d'abaisser leurs prix de revient. Pour cette raison, et d'autres encore, on avait préféré jusqu'alors les fours triphasés; mais les fours monophasés sont actuellement très au point et donnent des résultats satisfaisants.

On en rencontre d'un type commercial de 10 000 kw, munis d'une nouvelle électrode continue, dite électrode Miguet.

La sole est portée par 4 colonnes encadrant le transformateur d'alimentation. La ventilation forcée appliquée à ce transformateur refroidit également la partie inférieure du four et les conducteurs internes. Le fond de la sole est constitué par 2 plaques épaisses de charbon superposées et divisées en sections, ou blocs cimentés les uns aux autres par un mastique à base de carbone. La partie inférieure des parois latérales en contact avec le métal à fondre est également en charbon.

L'originalité des nouveaux fours à électrodes Miguet est dans le chemin parcouru par le courant qui doit traverser un certain nombre de circuits symétriquement disposés autour du four avant d'aboutir à une électrode unique.

L'intensité dans chacun de ces circuits est relativement faible, mais elle atteint une somme totale de 240 000 ampères.

Ce chiffre impressionnant est rendu possible par des dispositifs améliorant le facteur de puissance de l'ensemble.

La répartition des circuits est telle que le collecteur général de distribution est logé très près de la surface.

La boucle ainsi formée est extrêmement réduite et permet d'atteindre un facteur de puissance de l'ordre de 0,95 pour 100. Ce chiffre est exceptionnellement bon pour un four monophasé de grande puissance.

La grande quantité d'énergie à écouler exige une électrode à forte section. Un bloc de charbon monolithique est inconcevable; une électrode à section propre s'impose donc. L'électrode Miguet est constituée par des segments de carbone préalablement chauffés au four, et assemblés en queue d'aronde, avec boulons dans l'axe horizontal.

L'électrode rigide est tenue sur des plaques de contact en bronze, servant d'amenées de courant, avec dispositif spécial de réglage de la pression de contact. Ces plaques sont ceinturées et maintenues en place par un collier d'acier lui-même fixé aux 4 colonnes verticales de suspension de la sole. L'abaissement de l'électrode s'obtient en relâchant la pression des plaques de contact; le retour de cette pression maintient l'électrode dans sa nouvelle position.

Pour les organes de fixation, les plateaux, le collier d'acier, etc..., sont protégés des dégagements gazeux par un écran consistant en cheminée circulaire de bronze qui entoure l'électrode et est parcourue par une circulation d'eau de refroidissement. Cette cheminée travaille également en régulateur d'intensité, car elle est raccordée extérieurement aux barres d'alimentation et aux plaques de contact des électrodes au moyen de rubans flexibles de cuivre laminé.

Les blocs constituant l'électrode sont assemblés sur une plate-forme directement au-dessus du four. Cette plate-forme est froide, et à l'abri des dégagements; les émanations chaudes du four étant collectées, refroidies puis évacuées vers une cheminée, à travers des dégagements entourant l'électrode.

L'alimentation du four en matière première s'effectue mécaniquement à travers des trémies divisées, pouvant intervenir séparément ou collectivement.

On a constaté que, pour obtenir un rendement maximum, et un agent réducteur, comme le coke, par exemple, il était préférable d'y superposer alternativement des couches de matières très riches en carbone, et de matières à réduire.

Digitized by Google

Le courant s'étend alors sur une très large zone de réaction : l'effet résistant total est converti en chaleur, sans production d'arc ; on évite aussi la formation de points chauds, et la volatilisation possible de métal, à proximité de l'électrode.

La zone circulaire de réduction est une particularité en même temps qu'une caractéristique de ce type de four. La réaction, ou la réduction, ne s'effectuent que le long des bords. Aucun courant ne passe, aucun arc ne se produit, entre la partie inférieure de l'électrode et le bain qui est au-dessous, qui sont séparés entre ceux de 2 cm. Il est probable que cette originalité permettra des applications particulières de ce four ; la surface du bain située sous l'électrode, pourrait, en effet, être utilisée comme zone d'affinage, où des réactions spéciales pourraient être conduites, telles que, l'addition d'alliages, d'oxydes, ou autres ingrédients. Il deviendrait peut-être alors possible d'obtenir directement des alliages d'acier ou autres produits complexes, à l'état fini.

Un nouveau dispositif d'essai des appareils téléphoniques. (*The Electrician*, 3 juin 1927.) — On a cherché pendant très longtemps une méthode pratique d'essai des appareils téléphoniques, au moyen de courants alternatifs de fréquences audibles ; on s'est fréquemment arrêté à l'utilisation du phénomène de Larsen qui fournit des miaulements par l'approche du récepteur et du microphone.

Le procédé est cependant instable, le couplage acoustique à travers l'air, entre les deux organes, étant trop sensible aux moindres perturbations. Il a cependant servi de base à de nouvelles expériences conduites dans les laboratoires de la Compagnie Bell. Les appareils utilisés comportent un élément mécanique sous forme de barreau aimanté ; qui, sous son aspect le plus favorable aux résultats cherchés, consiste en une barre rectangulaire dont les deux extrémités peuvent entrer en vibration libre, la barre étant maintenue à ses points nodaux. La source perturbatrice est fournie par un microphone et un aimant reliés en série dans le circuit extérieur d'une batterie d'accumulateurs. Les vibrations mécaniques du barreau, converties en impulsions électriques par plusieurs microphones placés à proximité, et à ses extrémités opposées, donnent lieu à une onde sinusoïdale presque pure. Bien que le dispositif ne soit pas encore parfait, il donne cependant un régime plus constant que tous les oscillateurs électro-mécaniques essayés jusqu'alors. J. M.

La Compagnie Marconi en Bolivie. (*The Electrical Review*, 6 mai 1927.) — La Marconi's Wireless Telegraph C° vient de passer, avec le Gouvernement de Bolivie, un contrat qui lui assure, pour 20 ans, l'exploitation et la direction du service postal télégraphique et radiotélégraphique total, de tout le pays. Les pouvoirs ont été transmis le 1er mai dernier.

Ce contrat est le second du genre obtenu par la Compagnie Marconi en Amérique du Sud, le premier remontant à 1921 avec le gouvernement Péruvien. Des appareils modernes vont être introduits en Bolivie. J. M.

Le platine du Transvaal. (*The Electrical Review*, 6 mai 1927.) — Le professeur Kovaloff, expert Russe en platine, qui a étudié de très près les gisements du Transvaal, a été nommé agent commercial à Berlin, pour les produits russes. Il estime que l'établissement rapide d'une usine de traitement, en Afrique du Sud, reste le seul espoir d'une concurrence possible avec l'industrie locale. Une meilleure exploitation des minerais du Transvaal ferait certainement baisser le cours de ce métal rare. J. M.

Répétiteurs téléphoniques en Nouvelle-Zélande. (*The Electrician*, 20 mai 1927.) — On vient de poser, entre Wellington et Seddon (45 miles marins), le premier câble de téléphonie sous-marine à travers le détroit de Cook, du Nord au Sud de la Nouvelle-Zélande. Ce câble, fourni par la maison Siemens Brothers et C° Ltd, est du type à 4 conducteurs, krarupisés, isolés à la gutta-percha.

Il donne 3 circuits téléphoniques, 2 circuits réels, et 1 circuit fantôme. Pour permettre son raccordement, aux deux extrémités, avec les longues lignes téléphoniques terrestres, des répétiteurs ont été installés à Wellington et à Seddon.

Transition de la téléphonie manuelle en téléphonie automatique à Londres. (*The Electricau Review*, 13 mai 1927.) — Il a été créé, à Londres, un nouveau central téléphonique Tandem, qui doit permettre la transition sans à-coup du système d'exploitation actuel (manuel) au système automatique en cours de réalisation. Ce central doit permettre, par lignes de jonction, le raccordement d'un central quelconque à un autre central quelconque de Londres. Il est actuellement terminé. On procède à ses essais sur lignes artificielles. J. M.

L'industrie hydro-électrique dans la péninsule Ibérique. — Nous avions publié tout dernièrement, d'après *The Electrical Review*, qu'une nouvelle Compagnie *La Confederación Hidrográfica del Duero*, filiale de *La Hispano Portuguesa de Transportes Eléctricos*, venait d'être constituée pour exploiter l'énergie électrique du fleuve Douro.

Or notre très intéressant confrère espagnol *Ingeniera y construcción* nous a communiqué à ce sujet les renseignements suivants :

La *Hispano Portuguesa de Transportes Eléctricos* est une société dont la direction et les capitaux sont presque entièrement espagnols, qui va commencer très prochainement l'établissement de son réseau le long du Douro, fleuve qui sert de frontière entre l'Espagne et le Portugal, bien entendu ce réseau sera commun aux deux pays.

La *Confederación Hidrográfica del Duero* n'est pas une société portugaise, elle fait partie d'un groupe d'exploitations hydro-électrique de grande importance, ce groupement tout nouveau a déjà attiré l'attention sur lui à la Conférence internationale des grands réseaux.

La première exploitation hydro-électrique de ce puissant groupement a été celui de l'Ebre, d'autres sont venus ensuite et, parmi ceux-ci, la *Confederación Hidrográfica del Duero*.

A. S.

Distinctions honorifiques. — M. J. L. Routin, Maître de Conférences à l'Ecole Supérieure d'Electricité qui, en 1920, avait été nommé Officier de la Légion d'honneur, sur la proposition du Ministre de la Marine, dans sa promotion réservée aux Inventeurs, vient d'être, sur la proposition du Ministre de la Guerre, élevé au grade de Commandeur.

M. J. L. Routin, qui est ingénieur-conseil des Etablissements Schneider, a apporté de très intéressantes solutions aux problèmes que posent les études de la conduite du tir contre les objectifs aériens, et de la télécommande des pièces de bord, problèmes qui sont d'une importance capitale pour la défense nationale. Il est de plus un ingénieur-électricien de la première heure et un précurseur. C'est lui notamment qui créa la tarification mobile de l'énergie électrique à l'aide d'un système fort ingénieux (1).

Nous sommes heureux de lui adresser ici nos plus vives félicitations.

D'autre part, nous sommes heureux de féliciter également M. Lévy, Directeur général de la Compagnie *Est-Lumière*, qui vient d'être nommé chevalier de la Légion d'honneur.

(1) Voy. *L'Industrie Electrique*, tome VIII, 1899, p. 255.

Digitized by Google

LA CONCENTRATION DES IONS HYDROGÈNE

Un grand nombre de propriétés des solutions dépendent étroitement de leur concentration en ions hydrogène et la mesure de cette concentration se fait couramment, à l'heure actuelle, dans les laboratoires scientifiques ou industriels. Aussi nous a-t-il paru intéressant d'exposer aux lecteurs de L'Industrie électrique *les principes sur lesquels repose cette nouvelle technique et les méthodes expérimentales que l'on met en œuvre.*

I. — Électrolyse.

Phénomènes fondamentaux. — 1. Si l'on coupe un conducteur traversé par un courant et qu'on en plonge les extrémités libres dans un liquide, deux cas peuvent se présenter : 1° ou bien le courant est intercepté et le liquide se comporte comme un isolant; c'est ce qui se produit avec le pétrole, l'éther, la benzine, l'eau pure, et, d'une façon générale, avec la plupart des liquides purs; 2° ou bien le courant passe et alors, sauf quand il s'agit d'un corps simple comme le mercure ou un métal fondu, on observe une décomposition chimique. Le phénomène a reçu le nom d'*électrolyse*. On appelle *électrolyte* le liquide soumis à la décomposition, et *électrodes* les deux conducteurs qui servent, l'un à l'entrée, l'autre à la sortie du courant; le premier constitue l'*électrode positive* ou *anode*; le second l'*électrode négative* ou *cathode*.

Les électrolytes sont constitués par les solutions d'acides, de bases et de sels dans l'eau et un petit nombre de solvants (alcool, anhydride sulfureux liquide, le gaz ammoniac liquéfié, la pyridine, etc.), et les sels fondus.

Les liquides purs comme l'eau, l'alcool, l'acide chlorhydrique liquide, le gaz ammoniac liquéfié ne sont pratiquement pas conducteurs. Il en est de même des solutions aqueuses de la plupart des corps organiques tels que les alcools, les éthers, les amides, le glucose, les sucres, ne renfermant ni fonction acide, ni fonction basique.

2. A la condition de regarder l'hydrogène comme jouant le rôle d'un métal dans les acides, on peut remarquer que la molécule d'un quelconque des corps, acides, bases ou sels, qui à l'état dissous constituent les électrolytes, renferme un ou plusieurs atomes d'un métal uni à un radical simple ou composé. Ainsi, dans le chlorure de sodium Na Cl, le métal est Na et le radical Cl; dans la soude, Na OH, le métal est Na et le radical OH; dans le sulfate de cuivre, Cu SO^4, le métal est Cu et le radical SO^4.

3. Les phénomènes d'électrolyse suivent les lois qualitatives suivantes :

a. *Sous l'action d'un courant, le métal d'un électrolyte se sépare du radical qui lui est uni.*

b. *Les produits de la décomposition n'apparaissent jamais dans la masse même du liquide, mais uniquement sur les électrodes : le métal ou l'hydrogène descendent le courant et apparaissent sur la cathode; le radical remonte le courant et apparaît sur l'anode.*

Ainsi, si l'on électrolyse une solution de chlorure cuivrique $CuCl^2$ en prenant comme électrodes deux lames de platine, il se dégage des bulles de chlore sur l'anode, tandis que la cathode se recouvre d'un dépôt de cuivre.

En fait, l'électrolyse est rarement aussi simple. Le plus souvent, à cause de leurs propriétés chimiques, les produits de l'électrolyse réagissent soit entre eux, soit sur l'électrolyte, soit sur le métal des électrodes. Mais par la considération de ces actions secondaires, on peut interpréter tous les faits observés.

Les lois de Faraday. — Les mesures faites par Faraday lui ont permis d'établir les lois quantitatives de l'électrolyse.

1. *Les masses d'un même métal libérées à la cathode sont proportionnelles à la quantité d'électricité qui a traversé l'électrolyte.*

2. *Une même quantité d'électricité dépose des masses de différents métaux proportionnelles au quotient des masses atomiques de ces métaux par leur valence* (1).

Ainsi si l'on dispose à la suite les unes des autres, en série, des cuves à électrolyse contenant, la première une solution d'acide sulfurique (H^2SO^4), la seconde une solution d'azotate d'argent ($AgNO^3$), la troisième une solution de sulfate de cuivre ($CuSO^4$), la quatrième une solution de chlorure d'or ($AuCl^3$) et qu'on arrête l'expérience quand il s'est dégagé 1 gr d'hydrogène à la cathode de la première cuve, on constate qu'il s'est déposé :

108 g d'argent (Ag = 108) sur la cathode de la 2e cuve,

$31{,}8 = \frac{63{,}6}{2}$ g de cuivre (Cu = 63,6) sur la cathode de la 3e cuve,

et $65{,}3 = \frac{196}{3}$ g d'or (Au = 196) sur la cathode de la 4e cuve.

L'argent étant monovalent, le cuivre bivalent et l'or trivalent, ces résultats sont bien d'accord avec la loi énoncée.

On donne quelquefois à cette loi une forme un peu différente. Dans l'azotate d'argent, $AgNO^3$, le métal Ag et

(1) Certains métaux peuvent avoir des valeurs différentes suivant les composés dont ils font partie : ainsi le fer est bivalent dans SO^4Fe et dans les sels ferreux, tandis qu'il est trivalent dans $(SO^4)^3Fe^2$ et dans les sels ferriques. La valence à considérer est celle qui intervient dans le sel électrolysé.

Digitized by Google

le radical NO^3 peuvent être considérés comme unis par une valence; dans le sulfate de cuivre, Cu et SO^4 sont réunis par deux valences; dans le chlorure d'or, Au et Cl^3 sont soudés par trois valences; ce qu'on peut traduire en écrivant les formules des composés :

$$Ag - NO^3;$$
$$Cu = SO^4;$$
$$Au \equiv Cl^3.$$

Dans l'électrolyse d'une molécule d'azotate d'argent il y a une valence rompue; il y en a deux dans la décomposition d'une molécule de sulfate de cuivre et trois dans celle de chlorure d'or. Les résultats de l'expérience précédente peuvent s'énoncer simplement en disant que dans chaque cuve une valence a été rompue.

D'où l'énoncé suivant : *une même quantité d'électricité traversant plusieurs électrolytes libère le même nombre de valences.*

3. La quantité d'électricité nécessaire pour libérer une masse de métal égale au quotient de la masse atomique par la valence a été déterminée avec précision et porte le nom de *faraday*; elle est égale à 96 490 coulombs.

La masse m d'un métal (dont la masse atomique est A et la valence n) que libère une quantité q d'électricité est donnée par la formule :

$$m = \frac{q}{96\,490} \times \frac{A}{n}.$$

Le passage d'un courant de i ampères pendant t secondes transportant une quantité d'électricité égale à it coulombs, la masse déposée par ce courant s'obtiendra en faisant $q = it$ dans la formule précédente, soit :

$$m = \frac{it}{96\,490} \times \frac{A}{n}.$$ (1)

On sait que cette loi sert à définir pratiquement le coulomb, unité de quantité d'électricité, et l'ampère, unité d'intensité d'un courant. Le coulomb est la quantité d'électricité qui dépose un poids d'argent égal à $\frac{108}{96\,490}\ g$ soit 1,118 milligramme; l'ampère est l'intensité d'un courant qui dépose 1,118 milligramme d'argent par seconde.

Hypothèse de la dissociation électrolytique. — 1. Le physicien suédois Svante Arrhénius a émis une hypothèse extrêmement féconde pour interpréter les diverses lois de l'électrolyse. Les molécules d'un électrolyte, dissous ou fondu, sont, par suite de la fusion ou de la dissolution, fractionnées en deux parties électrisées, constituées l'une par le métal, l'autre par le radical, et qu'on appelle des *ions*. Les ions possèdent des charges égales et de signes contraires : l'ion métal, ou *cation*, est électrisé positivement; l'ion radical, ou *anion*, est électrisé négativement. Ainsi, une solution de chlorure de sodium renferme, outre des molécules NaCl, des *ions sodium* électrisés positivement (Na^+) et des *ions chlore* électrisés négativement (Cl^-). Si ces ions libres restent sans action entre eux ou sur le solvant, cela tient à ce que leur électrisation modifie profondément leurs affinités chimiques.

Les ions fournis par une molécule possèdent des quantités équivalentes d'électricités contraires, en sorte que la dissociation laisse l'électrolyte à l'état neutre; la charge, positive pour le métal, négative pour le radical, est proportionnelle à la valence et égale à 96490 coulombs par valence-gramme. Ainsi, 1 g d'ions hydrogène, 108 g d'ions argent (Ag : monovalent) portent une charge positive de 96 490 coulombs; 63,6 g d'ions cuivre (Cu : divalent), 196 g d'ions or (Au : trivalent) portent des charges positives respectivement égales à $2 \times 96\,490$ et $3 \times 96\,490$ coulombs; 35,5 g d'ions chlore (Cl : monovalent), 96 g d'ions SO^4 (SO^4 : divalent) portent des charges négatives respectivement égales à 96 490 et à $2 \times 96\,490$ coulombs.

2. Dans une solution électrolytique, il existe ce qu'on appelle un équilibre mobile entre les ions et les molécules neutres, c'est-à-dire que, en un temps donné, le nombre des ions qui se recombinent pour donner les molécules neutres est égal au nombre des ions fournis par molécules qui se dissocient. Cet équilibre est régi par les mêmes lois que tout équilibre chimique et on le traduit par une formule analogue. Ainsi on représente l'équilibre qui, dans une solution de chlorure de sodium, existe entre les ions sodium Na^+, les ions chlore Cl^- et les molécules neutres NaCl, par la relation :

$$Na^+ + Cl^- \rightleftarrows NaCl.$$

La proportion des molécules dissociées ou coefficient de dissociation varie avec la dilution et croît avec elle. Dans une solution concentrée, la fraction des molécules dissociées est faible et le coefficient de dissociation est petit. Dans une solution très diluée, presque toutes les molécules sont dissociées et le coefficient de dissociation est pratiquement égal à l'unité.

3. Quand on plonge dans un électrolyte deux électrodes à des potentiels différents, les ions obéissent au champ électrique compris entre ces électrodes : les anions (négatifs) se déplacent en sens inverse du champ et vont sur l'anode (électrode positive), les cations (positifs) se déplacent dans le sens du champ et vont sur la cathode (électrode négative). Au contact des électrodes, les ions se déchargent et apparaissent avec leurs propriétés chimiques ordinaires.

Les ions sont donc les seuls véhicules de l'électricité;

(1) Le faraday décompose une masse d'électrolyte égale au quotient de la masse moléculaire M par un nombre n de valences qui unissent le métal au radical. Le passage d'une quantité d'électricité égale à q coulombs décomposera donc une masse m' d'électrolyte donnée par la formule :

$$m' = \frac{q}{96\,490} \times \frac{M}{n}.$$

Digitized by Google

le solvant et les molécules du sel non dissociées n'interviennent pas dans le transport électrique. Les lois de Faraday s'expliquent par ce fait que les charges électriques transportées sont proportionnelles à la valence des ions.

D'après Arrhénius, la conductibilité des électrolytes est en rapport direct avec le nombre des molécules dissociées. On s'explique ainsi que le courant ne puisse traverser les corps dont les molécules ne se dissocient pas en se dissolvant ou en fondant.

4. L'hypothèse d'Arrhénius se rattache aisément aux conceptions actuelles sur l'atome.

On considère l'atome comme un système complexe formé d'un noyau positif autour duquel gravitent des corpuscules négatifs ou électrons en nombre suffisant pour neutraliser la charge positive du noyau.

Un ion négatif est un atome qui possède en excès un, deux ou trois électrons, suivant qu'il est mono, bi ou trivalent. Un ion positif est un atome ou un radical qui, suivant qu'il est mono, bi ou trivalent, a cédé un, deux ou trois électrons à l'ion négatif, et qui, par suite, se comporte, comme ayant une, deux ou trois charges élémentaires positives.

Migrations des ions. — Lorsque les réactions secondaires ne régénèrent pas le corps électrolysé, l'électrolyte s'appauvrit. La quantité d'électrolyte qui disparaît de la solution constitue ce qu'on appelle la *perte totale* ou *faradique*.

L'expérience montre que la concentration de la région moyenne de l'électrolyte ne change pas, du moins pendant un certain temps, et que la perte faradique se localise au voisinage des électrodes. Le plus souvent cette perte se répartit inégalement entre la région anodique et la région cathodique.

Le phénomène précédent se rattache aux vitesses que prennent les ions dans le champ électrique auquel est soumis l'électrolyte entre la cathode et l'anode.

Considérons une cuve à électrolyse contenant du sulfate de cuivre dans lequel plongent deux électrodes de platine. Désignons par C le poids de cuivre déposé sur la cathode en un temps quelconque.

La perte de cuivre éprouvée pendant le même temps par le compartiment cathodique a une valeur C_1 généralement inférieure à C. Il a donc fallu que l'excès $C - C_1$ vienne du compartiment anodique, ce qui suppose une translation des ions Cu^{++} de l'anode vers la cathode.

On donne souvent au quotient $\frac{C - C_1}{C}$ le nom de *nombre de transport* de l'ion considéré.

On constate de même que l'ion $SO^{4=}$ se déplace de la cathode vers l'anode. Il est facile de déduire le nombre de transport qui le concerne du nombre de transport relatif au cuivre. Soit K le poids de $SO^{4=}$ qui dans le sulfate de cuivre est uni à 1 g de cuivre. Le poids de cuivre perdu par le compartiment cathodique étant C_1, le poids du radical $SO^{4=}$ perdu doit être KC_1 : le poids KC_1 de l'ion $SO^{4=}$ est donc passé du compartiment cathodique vers le compartiment anodique. D'autre part le poids de cuivre déposé à la cathode étant C, le poids du radical $SO^{4=}$ apparu sur l'anode est KC. Le nombre de transport de l'ion $SO^{4=}$ est donc :

$$\frac{KC_1}{KC} = \frac{C_1}{C}.$$

La somme des nombres de transport de l'ion Cu^{++} et de l'ion $SO^{4=}$ est donc égale à l'unité :

$$\frac{C - C_1}{C} + \frac{C_1}{C} = 1.$$

Ce résultat est général. Si l'on désigne par N_A et N_C les nombres de transports relatifs à l'anion et au cation, on a :

$$N_A + N_C = 1.$$

La somme des nombres de transport des deux ions est égale à l'unité.

Les nombres de transport sont évidemment proportionnels aux vitesses des ions. En désignant par V la vitesse de l'anion, par U celle du cation, N_A et N_C les nombres de transport de ces mêmes ions, on a :

$$\frac{N_A}{N_C} = \frac{V}{U}.$$

Les nombres de transport des deux ions étant le plus souvent différents, il en est de même des vitesses de ces ions. On attribue généralement cette différence de vitesse à une différence dans le frottement qui s'exerce entre le solvant et les deux ions. Ces vitesses varient avec la concentration de la solution et la température.

Les vitesses V et U sont proportionnelles au champ électrique qui agit dans la solution. On considère en général les vitesses v et u dans un champ électrique égal à l'unité, tel que la différence de potentiel entre deux points distants d'un centimètre soit égale à un volt.

Nous indiquerons plus loin comment on peut calculer ces vitesses absolues. On peut les mesurer approximativement, car leur déplacement peut être rendu visible au moyen d'expériences convenables, faciles à réaliser, surtout s'il s'agit d'ions colorés.

Le plus rapide de tous les ions est l'ion H^+, qui, dans un champ d'un volt par centimètre et en solution aqueuse à la température de 18°, parcourt 0,0054 cm : sec, c'est-à-dire 2,04 mm : min. Puis vient l'ion OH^- qui parcourt 1,07 mm : min. Enfin se placent les autres ions.

Importance des mesures de déplacement pour déterminer la nature des ions. — L'analyse chimique des portions de liquide qui avoisinent les électrodes (surtout si l'on a soin de ménager une zone invariable) est la méthode la plus sûre pour déterminer la nature des ions qui interviennent dans l'électrolyse.

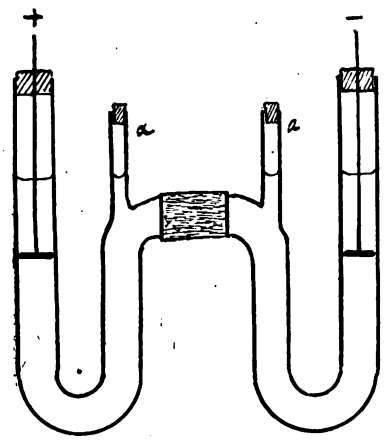
Le dispositif représenté sur la figure permet de faire

Digitized by Google

commodément ces mesures : il se compose de deux tubes en U recourbés à angle droit à l'une de leurs extrémités et portant, soudé à la courbure, un petit tube vertical *a* à travers lequel on peut faire pénétrer la tige d'une pipette jusqu'à la partie inférieure du tube. Pendant l'électrolyse, les deux tubes sont réunis par leurs parties horizontales à l'aide de caoutchouc et tout l'appareil est fixé sur un support dans un thermostat à température constante.

Quand l'électrolyse est terminée, des prises d'essai faites par les tubes *a* permettent de s'assurer que la concentration de l'électrolyte dans la partie moyenne de la cuve est restée invariable.

D'une façon générale un élément ou un groupe d'éléments X fait partie de l'anion, si, après l'électrolyse,



Appareil pour déterminer la nature des ions.

a) Tube permettant la prise d'un échantillon de liquide pour analyse.

l'analyse chimique indique qu'il y a eu transport de X vers la portion anodique ; il fait partie du cation s'il se transporte vers la cathode.

Ainsi dans l'électrolyse du sulfate de potassium la détermination des nombres de transport montre que le potassium s'est transporté de l'anode vers la cathode et constitue le cation, que le radical $SO^4{}^=$ s'est transporté de la cathode vers l'anode et constitue l'anion. Dans l'électrolyse de l'acide chlorhydrique la détermination du nombre de transport montre que l'hydrogène est le cation et le chlore l'anion.

A vrai dire dans les cas précédents, l'analyse chimique n'est pas nécessaire pour reconnaître la nature des ions qui interviennent. Mais il est des cas plus complexes.

Ainsi dans l'analyse du chlorure stannique $SnCl^4$, il semblerait que les ions dussent être Sn^{++++} et Cl^-.

L'analyse montre que la concentration de Sn^{++++} ne varie pas pendant l'électrolyse autour de l'anode, en sorte que Sn^{++++} ne se transporte pas de l'anode vers la cathode ; il ne constitue pas le cation. Le nombre de transport de l'ion Cl^- est d'ailleurs sensiblement le même dans la solution de $SnCl^4$ que dans une solution équimoléculaire d'acide chlorhydrique ; c'est que $SnCl^4$ s'hydrolyse presque complètement suivant la réaction :

$$SnCl^4 + 2H^2O = SnO^2 + 4HCl$$

en donnant du bioxyde d'étain qui reste sous forme de solution colloïdale et de l'acide chlorhydrique. C'est l'acide chlorhydrique qui est électrolysé en chlore et hydrogène. Le chlore se dégage sur l'anode. L'hydrogène réduit le bioxyde d'étain au voisinage de la cathode en donnant de l'étain qui se dépose et de l'eau. Ainsi l'étain ne se dépose qu'à la suite d'une réaction secondaire.

Mais c'est principalement sur la constitution des sels complexes que l'étude des changements de concentration pendant l'électrolyse jette une vive lumière. Ainsi l'électrolyse du cyanure double d'argent et de potassium, KCN, AgCN, donne un dépôt d'argent à la cathode, ce qui pourrait faire croire que l'argent constitue le cation. La détermination des nombres de transport montrent qu'il n'en est rien. Tout l'argent déposé provient du compartiment cathodique, la concentration d'argent n'a pas varié dans le compartiment anodique. C'est l'ion K^+ qui constitue le cation et qui se transporte de l'anode vers la cathode. Dans le compartiment cathodique, le potassium agit sur le cyanure en donnant un dépôt d'argent et du cyanure de potassium, suivant la réaction :

$$KCN, AgCN + K = Ag + 2KCN.$$

L'argent fait partie de l'anion complexe $Ag(CN)^{2-}$ qui se dirige de la cathode vers l'anode.

Les deux ions qui interviennent dans l'électrolyse sont donc K^+, $Ag(CN)^{2-}$.

Dans le ferro-cyanure de potassium $K^4Fe(CN)^6$, le fer appartient également à un anion complexe ; il se dirige vers l'anode pendant l'électrolyse.

Si l'on électrolyse une solution de sulfate cupro-potassique de formule K^2SO^4, $CuSO^4$, $6H^2O$, dont les réactions ne se distinguent pas sensiblement de celles du sulfate de cuivre, l'analyse indique un transport du cuivre vers la cathode.

Mais si l'on détermine le nombre de transport du cuivre, on le trouve égal à 0,25 (pour une solution renfermant 0,291 molécule de sel par litre), au lieu de 0,52 que donne le sulfate de cuivre à la même concentration. A la dilution considérée la solution renferme des anions complexes $Cu(SO^4)^{2=}$ qui entraînent une partie du cuivre vers l'anode et diminuent par suite le déplacement global vers la cathode.

Ainsi la détermination des nombres de transport fournit un moyen précis pour déterminer la nature des ions. C'est même le seul qu'on puisse parfois utiliser pour déceler les ions complexes et reconnaître leur nature.

(*A suivre.*)

A. Boutaric.
Professeur à la Faculté des Sciences de Dijon.

Digitized by Google

RÉSUMÉ CRITIQUE
DES
DERNIERS TRAVAUX SUR LES DIÉLECTRIQUES

Au cours des dernières années, les techniciens de l'industrie électrique du monde entier ont été contraints de se voir limités dans l'avancement de leurs travaux par un manque de documentation certaine sur les matières diélectriques mises à leur disposition.

Pour préparer le chemin à des recherches plus complètes dans ce domaine, il a paru intéressant de rassembler les résultats de la technique et de l'expérience aujourd'hui acquises.

C'est l'objet de l'exposé ci-dessous, qui rappellera également les théories modernes des phénomènes diélectriques et les travaux qui y ont été conduits au cours des dix dernières années.

I. — Diélectriques en général. Perte de puissance.

a) **Le diélectrique parfait. Polarisation et déplacement.** — Au début des connaissances électriques, les matériaux étaient répartis en deux classes d'apparence très distinctes : les corps conducteurs et les corps non conducteurs, définis réciproquement par les travaux de Maxwell. Les corps s'opposant au passage du courant furent appelés isolants. Faraday apporta une distinction marquant un progrès vers nos théories modernes. Avec lui, les substances placées entre corps conducteurs sous tension qui n'absorbent pas immédiatement l'énergie potentielle qui leur est appliquée deviennent des diélectriques. Ces diélectriques sont le siège de forces dites de *polarisation électrique*, le terme polarisation signifiant que chaque élément du diélectrique acquiert les propriétés égales et opposées des deux surfaces extérieures. De là, la représentation habituelle des champs électriques par lignes de force. Faraday introduisit le premier la notion de capacité spécifique inductive, montrant que la capacité n'était pas seulement fonction des formes géométriques du diélectrique, mais aussi de sa nature.

Dans le cas d'un diélectrique parfait, tout transport de courant cesse dès que l'équilibre est atteint pour la charge qui lui est appliquée. Il se crée alors un gradient de potentiel entre des faces opposées. D'après Maxwell, la polarisation résultante pouvait être considérée comme un *déplacement électrique* produit par la tension appliquée. Il estimait que, si un courant ne pouvait circuler à l'intérieur du diélectrique, il devait cependant naître un certain déplacement de ce courant, déplacement limité, proportionnel au potentiel appliqué, et dans le même sens que celui-ci. Ce déplacement est fonction de la quantité d'électricité traversant l'unité de surface; il mesure la polarisation électrique du diélectrique. Une force électrique donnerait donc lieu à un déplacement, de la même façon qu'une force mécanique entraîne un mouvement matériel.

Le déplacement cesse en même temps que la cause qui lui a donné naissance, et, avec lui, la polarisation. Le retour à l'équilibre initial s'effectue après un déplacement égal et de sens inverse au premier.

Nos opinions sur la nature et le cheminement de l'électricité se sont cristallisés depuis Maxwell. Un conducteur est actuellement considéré comme un corps possédant des électrons libres, susceptibles de se mouvoir librement entre les interstices libres de la matière. Une force électromotrice appliquée à un tel corps y provoque un courant electronique général, en sens inverse d'elle-même, car l'électron est négatif; ce mouvement constitue le courant électrique.

Par extension, un diélectrique parfait ne contiendrait aucun électron libre, ceux-ci étant tous soumis à l'attraction du noyau positif de l'atome. Ils ne peuvent s'en dégager pour produire le courant électronique qui deviendrait un courant de conduction. Mais il leur est cependant possible de se laisser écarter quelque peu de leur position d'équilibre normal par rapport à leur centre positif d'attraction.

Cet écart est proportionnel à la force qui le sollicite, et cesse en même temps que celle-ci.

b) **Conduction dans les diélectriques.** — Le diélectrique parfait est inconnu de la pratique et le meilleur contient encore des électrons libres. En sorte qu'au courant de déplacement ou de polarisation original, vient s'ajouter, à travers le diélectrique, un courant de conduction très faible (1). Les caractéristiques du diélectrique doivent donc s'exprimer par deux constantes :

1° La capacité inductive spécifique ε qui détermine le courant de déplacement.

2° La conductivité spécifique σ, ou la résistance spécifique ρ qui déterminent le courant de conduction.

Le courant de déplacement est exprimé par :

$$D = \varepsilon \frac{1}{4\pi} \frac{H}{V^2} \text{ (U. E. H. C. G. S.)}$$

où H = intensité du champ électrique $= \frac{V}{l}$ (V tension appliquée, l épaisseur du diélectrique).

V = vitesse de la lumière.

Le mouvement total d'électricité à travers la surface totale S est donc :

$$Q = D \times S = \varepsilon \frac{1}{4\pi l} \times \frac{1}{V^2} \times V.$$

A ce courant de déplacement s'ajoute un courant de conduction donné par :

$$I_c = \frac{S\sigma V}{l} = S\sigma H$$

qui persiste aussi longtemps que la tension V est appliquée.

(1) *Journal of the Institution of Electrical Engineers*. Novembre 1926.

Digitized by Google

Il serait logique d'admettre, inversement, que tout corps conducteur possède un certain nombre d'électrons non libres à côté des électrons libres qui lui confèrent sa caractéristique de conducteur.

Les corps conducteurs jouiraient donc de certaines propriétés diélectriques que nos moyens actuels ne permettraient pas encore de déceler. Il est, en fait, impossible d'établir une démarcation très nette entre les corps conducteurs et non conducteurs.

c) **Les diélectriques de la pratique.** — En pratique, les diélectriques sont presque exclusivement utilisés en vue de leurs facilités à supporter des efforts électriques. Ils peuvent subir des gradients de potentiel élevés sans être traversés par le courant. Il subsiste, cependant, le faible courant de conduction dont il vient d'être parlé. On l'appelle fréquemment « courant de

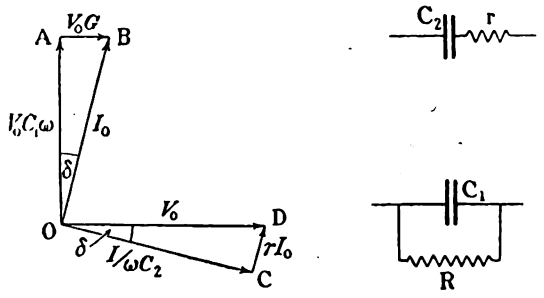


Fig. 1.

Diagramme des pertes avec résistance en série ou en dérivation avec la capacité.

fuite » et l'on cherche à le réduire au minimum possible.

Sous un champ électrique alternatif, un diélectrique parfait ne donnerait évidemment lieu à aucun courant de conduction; les pertes à l'intérieur seraient nulles. Mais ce cas idéal est loin de la pratique; des recherches importantes ont été faites pour l'en amener le plus près possible. C'est le but de ces lignes d'en rapporter les différentes étapes.

Les points faibles des diélectriques du commerce sont les suivants :

1° *Pertes.* — Le courant de perte ou fuite peut devenir excessif et conduire à des dissipations d'énergie considérables.

2° *Rupture.* — L'équilibre électrique peut être rompu si le diélectrique est soumis à un gradient de potentiel supérieur à une certaine valeur critique.

3° *Pertes d'énergie sous les champs alternatifs.* — Soumis à des champs alternatifs, les diélectriques peuvent donner lieu à des pertes d'énergie extrêmement importantes, qui en élèvent sa température. Ces pertes sont très supérieures à celles qui pourraient être attribuées au courant de fuite; elles seront étudiées en détail ultérieurement.

d) **Détermination des** constantes. — Le courant de fuite est déterminé par la *résistivité volumique* du diélectrique (résistance entre deux faces opposées de 1 cm³ de matière). Dans les diélectriques solides, on doit encore compter avec les pertes en surface, s'écoulant sur une fine pellicule d'humidité, ou d'un dépôt métallique quelconque extérieur; elles sont fixées par la *résistivité de surface* (résistance entre deux bords opposés d'une pellicule de 1 cm² de surface). La somme de ces deux facteurs est souvent exprimée par la *résistance de fuite* ou *d'isolement*.

Son inverse est appelé la *conductance de fuite* ou *d'isolement*.

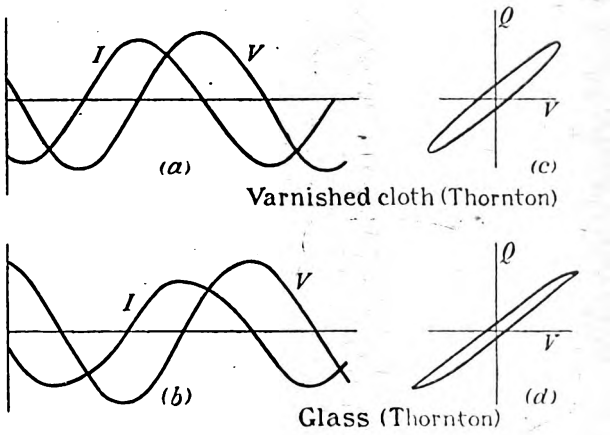


Fig. 2.

Ondes d'intensité sans distorsion (*a*) et avec distorsion.

La *résistance diélectrique* exprime le gradient de potentiel maximum supportable.

Pour étudier les pertes sous les champs alternatifs, il est plus commode d'assimiler les diélectriques à des condensateurs. Pour un diélectrique parfait, le courant est alors déphasé de 90° en avant sur la tension appliquée. De telles capacités ne peuvent s'obtenir pratiquement qu'avec des diélectriques gazeux. Ils ne dissipent alors aucune perte d'énergie. Mais, avec des solides ou des liquides, le déphasage est inférieur à 90° d'un angle δ, appelé *angle de pertes*, d'autant plus faible que le condensateur s'approche du cas idéal. Cet angle δ donne donc lieu à une composante active ($IV \sin\delta$), en sorte qu'une capacité imparfaite peut être schématiquement représentée par une capacité parfaite C_1 ou C_2 respectivement en dérivation avec une grande résistance R ou en série avec une faible résistance r (fig. 1). Les capacités ne sont d'ailleurs identiques dans ces 2 formes de représentation que pour les très petites valeurs de δ où l'on réalise approximativement $\delta = \sin\delta = \operatorname{tg}\delta$.

Le diélectrique a encore pour influence d'introduire le plus souvent une distorsion de l'onde d'intensité, ainsi que l'a montré Thornton au cours de nombreuses expériences. La figure 2 représente les deux cas d'ondes sans (*a*) et avec (*b*) distorsion. Les courbes *c* et *d* donnent respectivement le cycle de la déperdition d'énergie de *a*

Digitized by Google

et b; ces courbes offrent une certaine analogie avec celles d'hystérésis magnétique; aussi les appelle-t-on parfois courbes d'hystérésis diélectriques. Mais cette analogie des deux phénomènes n'est que superficielle; le cycle magnétique est, en effet, à peu près indépendant de la fréquence, alors que le cycle électrique en est directement fonction; de fréquence nulle, il se réduit à une droite. On nomme encore parfois ces tracés *courbes de viscosité*; mais dans l'état actuel de nos connaissances de ce phénomène, il semble préférable de ne lui attribuer aucun nom spécifiant plus ou moins sa nature ou son origine.

La notion de « capacité » demande à être précisée dans le cas où il se trouve en présence de pertes diélectriques.

En l'absence de pertes, et pour une onde de tension appliquée sinusoïdale $V = V_0 \sin \omega t$, l'intensité s'exprime par $i = i_0 \cos(\omega t - \delta)$ et $Q = \frac{I_0}{\omega} \sin(\omega t - \delta) = Q_0 \sin(\omega t - \delta)$.

La courbe QV est alors une ellipse, le rapport $\frac{Q}{V}$ étant constant. Mais, dans le cas de diélectrique imparfait, ce rapport passe pour toutes les valeure entre $-\infty$ et $+\infty$ pour chaque cycle décrit.

La capacité peut alors s'exprimer de deux façons différentes (1).

1° Par le rapport $\frac{Q}{V}$ à l'instant où Q est maximum :

$$\frac{Q_0}{V_0 \cos\delta} = \frac{I_0}{V_0 \omega} \times \frac{1}{\cos\delta}.$$

Cas d'une capacité parfaite avec résistance en série.

2° Par le rapport $\frac{Q}{V}$ à l'instant où V est maximum :

$$\frac{Q_0 \cos\delta}{V_0} = \frac{I_0}{V_0 \omega} \cos\delta.$$

Cas d'une capacité parfaite avec résistance en dérivation.

Lorsque les pertes croissent, l'axe de l'ellipse s'incline sur l'axe des V.

Dans le cas des diélectriques à faible conductivité et par ailleurs parfaits, la définition 2 convient. Elle sera donc utilisée pour déterminer la capacité effective d'un condensateur, pour toute fréquence donnée.

Cette capacité peut varier considérablement avec la fréquence; mais, comme chacune de ses valeurs conduit à une expression particulière de la « constante diélectrique » du corps employé, il ne semble plus logique d'attribuer à celui-ci une constante diélectrique déterminée ε. Pour cette raison, la valeur de ε, calculée au moyen de la capacité effective d'un condensateur sous tension alternative, est souvent appelée la *permitivité* du diélectrique dans la condition de l'essai.

(1) J. Granier. *Bulletin de la Société française des électriciens*, volume 3, 1925, *Revue générale de l'électricité*, volume 10, 1921.

En résumé, les valeurs à connaître, lorsque l'on travaille avec des diélectriques soumis à des champs alternatifs, sont :

1° La capacité effective C du système.

2° L'angle de perte δ de la matière étudiée.

La perte de puissance est alors :

$$W_{\text{eff}} \times I_{\text{eff}} \times \sin\delta$$

et, puisque

$$C = \frac{1}{V\omega} \cos\delta,$$

$$W = V^2 \times \omega \times C \times \operatorname{tg}\delta.$$

δ dépend seulement de la nature du diélectrique et aucunement de ses dimensions géométriques, mais W varie avec ces dernières. Pour comparer entre eux plusieurs corps, il est donc utile d'introduire une permittivité relative donnée par

$$\varepsilon = \frac{C}{C_0}$$

C_0 étant la capacité d'un condensateur de même forme que C, mais avec de l'air pour diélectrique. On a alors :

$$W = V^2 \times \omega \times \varepsilon \times \operatorname{tg}\delta \times C_0.$$

Prenons le cas d'un condensateur de surface S et d'épaisseur e

$$C_0 = \frac{S}{4\pi e} 10^{-12} \text{ farads}$$

$$W = \frac{10^{-12}}{3{,}6\pi} \times \omega \times \varepsilon \operatorname{tg}\delta \times \frac{A}{e} V^2 \text{ watts.}$$

Si l'on estime que l'énergie est dissipée uniformément dans le diélectrique on peut écrire :

$$\text{Pertes par cm}^3 = \frac{10^{-12}}{3{,}6\pi} \omega\varepsilon \times \operatorname{tg}\delta \times \left(\frac{V}{d}\right)^2$$

$\frac{V}{d}$ représente le gradient de potentiel en volts par cm; si on le désigne par g, pris en kilovolts par cm l'expression précédente devient :

Pertes volumiques $= 55{,}5\varepsilon \times \operatorname{tg}\delta \times f \times g^2 \times 10^{-6}$ w par cm^3

f = fréquence du courant.

De nombreux auteurs ont exprimé leurs résultats sous cette forme. D'autres se sont servis de la conductance équivalente G donnée par :

$$W = I^2 G = V^2 \frac{S}{e} \sigma = \left(\frac{V}{e}\right)^2 \sigma S e.$$

σ représente la « conductivité en courant alternatif ».

On a alors :

Pertes volumiques $= \sigma \times$ (gradient de potentiel par V/cm)^2 par cm^3

σ peut encore exprimer la « perte de puissance spécifique » du corps considéré.

Digitized by Google

II. — Effet diélectrique résiduel. Absorption.

a) **Les anomalies diélectriques.** — La pratique actuelle ne se suffit plus de la seule connaissance des valeurs de ε et de σ. Les diélectriques solides et liquides possèdent des propriétés qui semblent tout à fait indépendantes de ces constantes, et que l'on désigne habituellement par anomalies diélectriques. Les pertes d'énergie sous courants alternatifs en sont une des manifestations les plus importantes, ainsi que les phénomènes de charge résiduelle et d'absorption qui paraissent liés au premier.

b) **La polarisation des diélectriques dans les champs constants.** — Si, entre les armatures d'un condensateur parfait, on applique une certaine force électromotrice, on constate le passage d'un courant de charge, réglé par l'équation caractéristique bien connue. Ce courant cesse dès que la charge réglée par les caractéristiques du condensateur est atteinte. Nous l'appellerons le *courant normal de charge*. On le retrouve, mais en sens inverse, lors de la décharge de la capacité par la mise en court-circuit de ses électrodes après avoir soustrait la source d'alimentation. C'est alors le *courant normal de décharge*.

Si, maintenant, le condensateur possède une certaine conductance appréciable, un courant constant dit *de fuite*, se superpose au courant normal de charge et se maintient après que celui-ci a atteint la valeur zéro, tant que reste appliquée la force électromotrice d'alimentation. Nous l'appellerons *courant normal de conduction*.

En régime de décharge, il cesse dès que la tension appliquée est réduite à zéro.

Des expériences à ce sujet, conduites sur des diélectriques courants, solides et liquides montrent une composante supplémentaire du courant de charge total fourni par les deux précédentes, tout à fait différentes du courant normal de conduction et qui se maintient plusieurs heures (quelquefois plusieurs mois) après que le courant normal de charge a cessé. Il décroît, puis s'annule enfin, en ne laissant subsister que la valeur constante du courant de conduction.

Le courant de charge total comprend donc :

1° Le courant de charge normal $i_1(t)$.

2° Le courant normal de conduction $= a =$ constante.

3° Le *courant anormal de charge*, ou *courant d'absorption*, $i_2(t)$.

En sorte que $I = i_1(t) + a + i_2(t)$.

En régime de décharge, on retrouve le courant anormal, en sens inverse, qui peut persister des mois.

Le courant total de décharge comprend donc :

$$I' = i'_1(t) + i'_2(t)$$

a disparaît en même temps que la source d'alimentation.

Les constantes de l'ensemble restant identiques, en charge et en décharge, il est permis d'écrire :

$$i'_1(t) = -i_1(t)$$

et, pour la plupart des diélectriques solides et liquides :

$$i'_2(t) = -i_2(t).$$

En sorte que les régimes paraissent réversibles. L'opinion générale est que l'énergie convoyée par le courant anormal de charge, est absorbé par le diélectrique pendant la charge, puis institué par lui au cours de la décharge. D'où le nom de *phénomène d'absorption*.

Dans certains cas (notamment avec des diélectriques liquides) le courant anormal de décharge est négligeable par rapport à celui de charge. Il serait parfaitement admissible qu'au lieu d'avoir un phénomène réversible, on se trouve ici devant deux phénomènes tout à fait différents. Par analogie avec le déplacement diélectrique produit par le courant normal de charge, on peut penser que le courant anormal donne lieu à un déplacement diélectrique anormal. Dans le cas où le courant anormal n'est pas réversible on peut aussi l'assimiler à un courant de conduction anormal.

En sorte que l'on se trouverait en présence d'anomalies de 2 types :

1° Déplacement anormal.
2° Conduction anormale.

c) **La charge résiduelle.** — Le phénomène de déplacement anormal devient sensiblement plus complexe lorsque, après avoir chargé la capacité, on isolé seulement une de ses électrodes de la source d'alimentation au lieu de retirer celle-ci radicalement et de mettre les électrodes en court-circuit.

Dans ces conditions, on observe une charge s'écoulant graduellement vers les armatures, dans le même sens qu'avant le retrait de la source. Elle correspond donc à la charge fournie par le courant anormal de décharge du cas précédent; elle croît jusqu'à une certaine valeur pour disparaître ensuite lentement (probablement du fait de fuites). C'est la *charge résiduelle*.

C'est évidemment un phénomène de déplacement diélectrique anormal, mais de caractéristiques plus délicates.

d) **Variation de la capacité avec les temps de charge et de décharge.** — C'est encore ici un phénomène de déplacement anormal, bien que les conductions normale et anormale y tiennent un rôle. Son effet se décèle par la mesure d'une capacité au moyen d'un galvanomètre balistique ou d'un fluxmètre.

La variation de la capacité avec la fréquence de la tension appliquée est encore un autre aspect des mêmes faits qui sera examiné en détails ultérieurement.

e) **Méthodes de mesure.** — Les méthodes de mesure du courant anormal de charge peuvent se classer en 2 groupes :

Digitized by Google

1° Celles qui donnent le courant à travers le condensateur en fonction du temps.

2° Celles qui donnent la charge totale du condensateur, ou le déplacement électrique (ou polarisation) total de son diélectrique en fonction du temps.

1° *Mesure du courant.* — Ce courant qui dépend essentiellement des dimensions du condensateur et de la nature du diélectrique devient extrêmement faible en un temps très court. Sa mesure ne pourra donc s'effectuer qu'avec un galvanomètre extrêmement sensible, ou un appareil plus sensible encore.

Une des méthodes les plus simples qui permet d'évaluer des intensités minima de 10^{-9} ampères, est schématisée figure 3.

La clé k_1 met le galvanomètre en court-circuit pendant

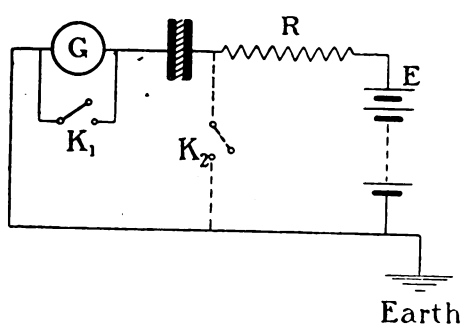


Fig. 3.
Mesure du courant anormal par la méthode du galvanomètre en série.

le temps d'écoulement du courant normal de charge. Elle est ensuite ouverte, et G subit la somme $a + i_2(t)$ dont la variation est observée jusqu'à obtenir une valeur constante. Cette valeur est évidemment a qui, une fois connue, permet d'obtenir $i_2(t)$ par simple soustraction.

Le courant de décharge s'obtient en fermant k_2, et en n'ouvrant k_1 que lorsque le courant normal de décharge a cessé. On ne lit plus alors de courant de fuite d, mais directement $i'_2(t)$. R est une résistance de protection contre la batterie.

Des mesures ont été faites avec cet appareil par Schweidler sur le pétrole, le toluol, le verre, le mica et le papier paraffiné; par Curtis sur de nombreux diélectriques solides étudiés surtout au point de vue résistivité volumique et pertes de surface; par Wagner sur la gutta-percha, le caoutchouc, l'ébonite, la paraffine, les fibres; par Lübben sur un grand nombre de types de papier pour câbles téléphoniques.

L'emploi d'un condensateur auxiliaire de décharge, aux bornes du galvanomètre, ou d'un électromètre, permet d'abaisser la sensibilité de l'appareil à 10^{-15} et 10^{-15} amp.

2° Thornton a utilisé une méthode extrêmement élégante et très ingénieuse pour la mesure de la charge totale. L'éprouvette de diélectrique à essayer est elliptique et suspendue par une fibre de quartz entre deux électrodes planes parallèles A et B soumises à une différence de potentiel constante (fig. 4). L'ellipsoïde placée dans ce champ se polarise. S'il est écarté de sa position d'équilibre puis relâché il exécutera une série d'oscillations dont la période sera évidemment fonction de son intensité de polarisation. L'expérience est en tous points comparable à celle d'un aimant placé dans un champ magnétique.

Thornton analysa mathématiquement le phénomène, et obtint pour la valeur de ε à chaque instant la valeur :

$$\varepsilon = \frac{\text{Polarisation}}{\text{Force électrique}}.$$

L'ensemble des appareils était placé dans un vide soigneusement deshydraté anhydrique phosphorique.

f) **Résultats expérimentaux.** — Les résultats obtenus par les divers expérimentateurs sur ces questions sont parfois très divergents en raison, sans doute, de l'enchevêtrement de différents phénomènes encore inséparables (phénomènes inter-moléculaires, d'hétérogénéité structurale, de migration ionique...)

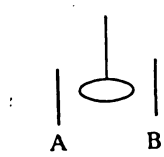


Fig. 4.
Expérience de polarisation de Thornton.

Considérons d'abord le cas des diélectriques solides qui offre une réversibilité du courant anormal de charge.

I. D'une façon générale, il semble que ce courant est relativement grand dès l'application de la source d'alimentation, et qu'il décroît ensuite très rapidement avec le temps. Il est proportionnel à la tension appliquée et inversement proportionnel à l'épaisseur du diélectrique, donc proportionnel au gradient de potentiel. Il est de la forme

$$i_2(t) = \beta \times C_0 \times E \times \Phi(t)$$

où β est le paramètre de la fonction caractéristique du temps $\Phi(t)$ sont des constantes du corps et C_0 la capacité géométrique du condensateur.

II. Il subsiste néanmoins quelque incertitude quant à la forme de $\Phi(t)$ que l'on exprime généralement par $\Phi(t) = \beta t^{-m}$ $(m < 1)$. (Loi d'Hopkinson, Schweidler, Ashton et Lübben). Cette expression satisfait aux conditions expérimentales de temps restreint; elle est moins juste pour des temps plus extrêmes.

Les chiffres relevés par K. W. Wagner sur des diélectriques du commerce le confirment. Les courbes de la figure 5 donnent le courant anormal de décharge après une charge très longue, mesurés par la simple méthode du galvanomètre.

Elles se rapportent à des échantillons de gutta-percha pour différentes températures et donnent $\log t$, avec $\log i_2(t)$ en pointillé. La loi de variation $i_2(t) = \beta t^{-m}$ devrait être une droite de pente m. La courbure indique l'influence de la température. On déduit de la figure : 1° Que l'absorption croît rapidement avec la température. 2° Que la variation dans le temps est moins affectée par la température.

Thornton, de son côté, ne donne aucune formule con-

Digitized by Google

crétisant ses résultats d'expérience. Selon cet auteur, la polarisation par champ constant comprendrait :

1° Un accroissement rapide (charge normale).
2° Une charge lente, à régime constant.
3° Une tendance à la saturation.

III. — Loi de la superposition d'Hopkinson.

D'après Hopkinson, si l'on charge un diélectrique à potentiel constant pendant le temps T et qu'on le décharge ensuite en court-circuit, on obtient, d'une part, pour le courant anormal de charge $i_2(t)\ f(t)$ t étant compté de

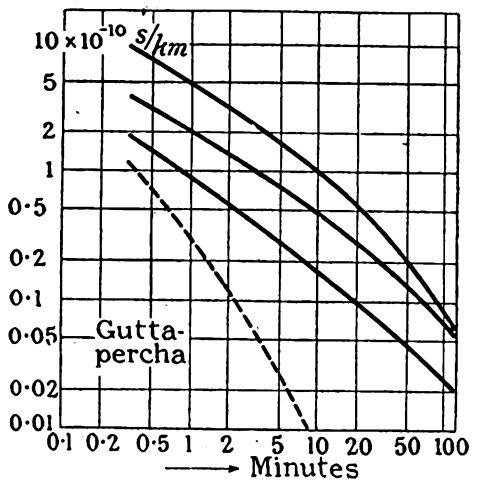


Fig. 5.
Courant anormal de décharge en fonction du temps (gutta-percha).

l'instant où la tension est appliquée; et, d'autre part, pour le courant anormal de décharge :

$$i_2'(t) = f(t) - f(t+T),$$

t étant compté de l'instant de la mise en court-circuit des électrodes. Cette loi montrerait l'importance de faire des mesures sur des échantillons parfaitement neutres, dont les charges résiduelles auraient eu la facilité de se réduire à zéro, pendant plusieurs heures avant les essais. Elle conduit également aux deux remarques suivantes :

1° Après un temps de charge infini, le courant anormal de décharge est égal et opposé au courant anormal de charge.

2° Après un temps de charge T, la décharge totale restituée par le courant anormal de décharge est égale à celle fournie par le courant anormal de charge pendant le même temps.

Or les résultats obtenus par Ashton semblent indiquer que l'énergie restituée pendant la décharge est double de celle représentée par $i_2(t)$. Thornton le confirme, et explique le fait en faisant remarquer que la charge est faite sous tension constante, et restituée sous tension décroissante; or, les énergies de charge et de décharge étant identiques, la « quantité » en décharge est double de celle en charge. Le cas n'est cependant pas aussi simple. La différence de potentiel des électrodes, en décharge, est extrêmement faible; une très faible proportion de l'énergie fournie par le courant anormal de charge est donc seulement restituée par la décharge en court-circuit, puisque l'on sait que les deux courants anormaux de charge et de décharge sont du même ordre de grandeur.

Le principe des superpositions a été imaginé pour traiter les cas où la tension varie suivant une loi quelconque. S'il est exact, un diélectrique ayant atteint son régime stable sous tension et qui se trouve ensuite déchargé par mise en court-circuit ou par abaissement progressif de sa tension restitue, par son courant de décharge résiduelle, une quantité totale d'énergie égale à celle absorbée pendant la charge. Supposons maintenant que l'on fournisse au condensateur une charge normale Q_n en plus de sa charge résiduelle actuelle Q_r. L'énergie totale de charge est :

$$W = 1/2\, Q_r V + Q_n V.$$

Effectuons la décharge par abaissement progressif de la tension. L'énergie totale restituée sera

$$W_1 = 1/2\, V [Q_n + Q_r].$$

On aura donc une perte de $1/2\, Q_r V$, c'est-à-dire de la moitié de l'énergie nécessaire à rétablir la charge anormale.

Mais il a été montré que par la décharge brutale en court-circuit, l'énergie totale était restituée. Il semble donc évident que si le courant « d'absorption » obéit au principe de superposition une certaine quantité d'énergie est perdue à chaque charge, à moins que les charges et décharges successives aient lieu infiniment lentement.

L'importance de la perte varie avec l'importance de la charge totale absorbée, et les régimes de charge et décharge. Sous des champs alternatifs il y a perte à chaque demi-période, indépendamment de toute résistance de fuite.

En tout cas, les résultats obtenus par Ashton sont contraires au principe de superposition. Mais, seuls de leur espèce, ils demandent un contrôle minutieux avant d'être pris en très sérieuse considération.

Comme on le voit, ce qui se passe dans les condensateurs est assez mystérieux et difficile à connaître exactement. Il faudra encore de longues études expérimentales pour saisir d'une façon précise le mécanisme des phénomènes dont les diélectriques sont le siège.

(*A suivre.*) J. M.

Digitized by Google

NOTE SUR UN NOUVEAU TYPE DE MOTEUR ASYNCHRONE A TROIS VITESSES

Nous savons que la supériorité des moteurs à courant continu sur les moteurs à courant alternatif provient de ce que l'on peut toujours régler la vitesse des premiers par l'emploi des résistances appropriées.

Par contre, le moteur asynchrone à courant triphasé ne peut donner qu'une seule vitesse fonction du nombre de pôles de son enroulement ; si l'on veut obtenir des vitesses différentes, on est obligé d'introduire des résistances dans le rotor et le moteur prend alors un fonctionnement défectueux.

Lorsque dans certaines applications on a eu à réaliser différentes vitesses pour des outils commandés par un même moteur, on s'est jusqu'ici borné à employer des trains d'engrenages.

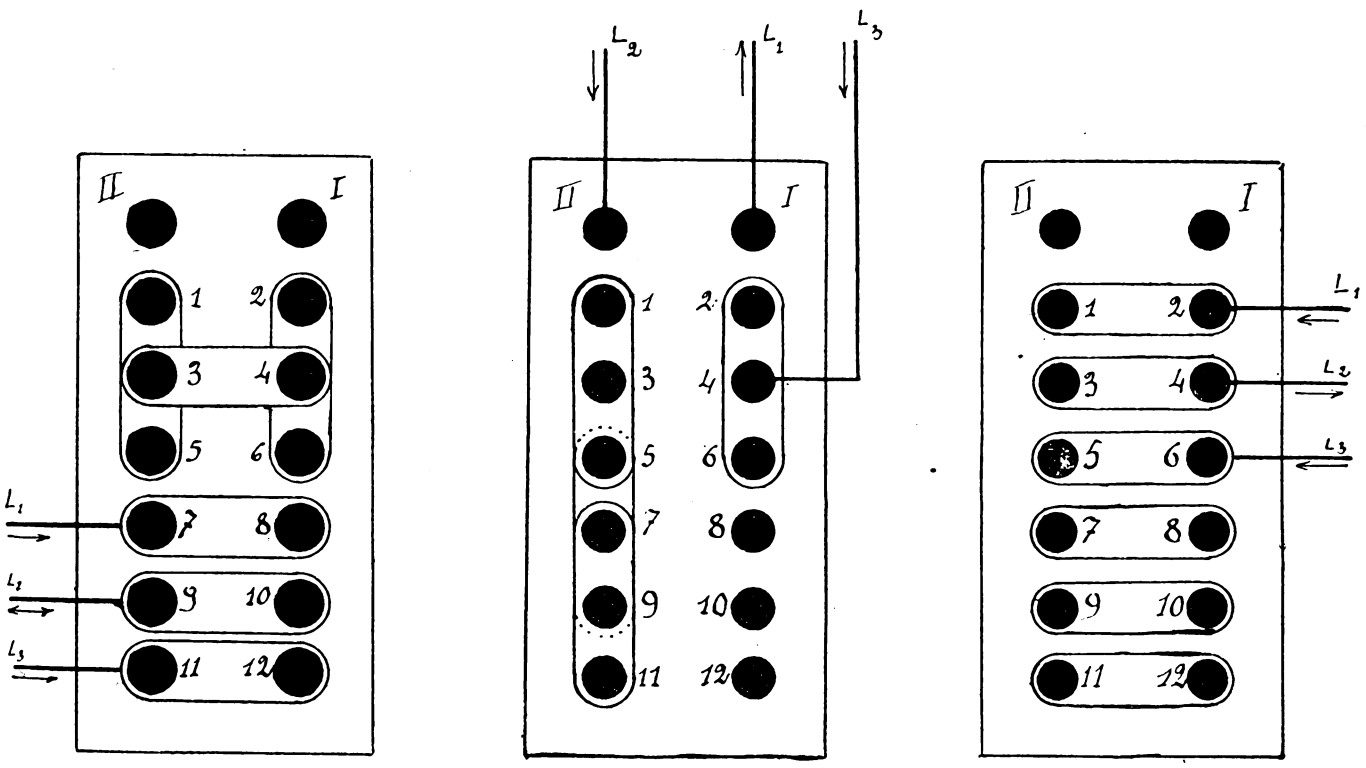


Fig. 1.
Couplage des enroulements dans le moteur à trois vitesses de M. Mathivet.

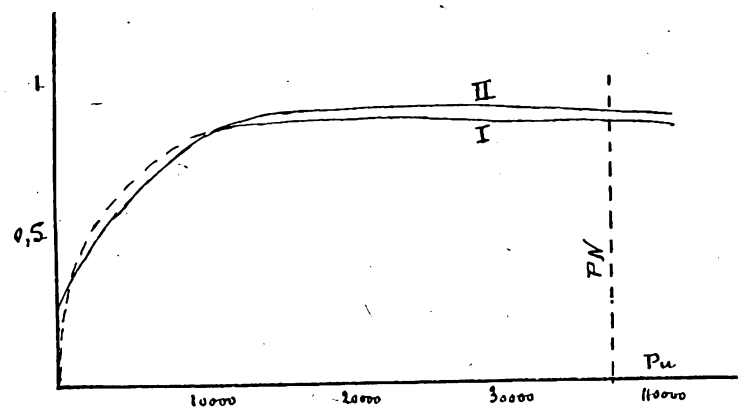
La maison Breguet construit, depuis quelque temps, un moteur asynchrone à courant triphasé, dérivé du type bien connu sous le nom de moteur Boucherot, qui permet par un simple changement de connexion au stator de réaliser les 3 vitesses les plus courantes de la pratique, savoir :

750 — 1000 et 1500 tours : min.

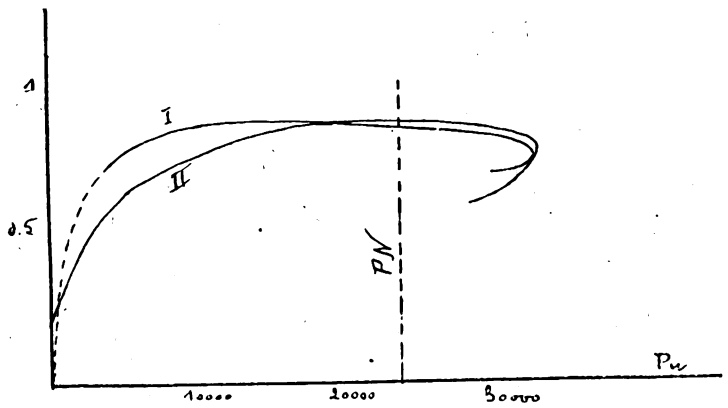
Dans ce moteur imaginé par M. Mathivet, Ingénieur en chef aux Mines de Noeux, la solution du problème a été grandement facilitée par le fait que le moteur Boucherot n'a pas d'enroulement au rotor : il suffisait donc d'étudier un enroulement spécial pour le stator permettant d'obtenir 4 — 6 et 8 pôles pour que le problème soit résolu.

TYPE DU MOTEUR.		PUISSANCES.			RENDEMENT A PLEINE CHARGE.			COS φ A PLEINE CHARGE.		
		4 pôles.	6 pôles.	8 pôles.	4 pôles.	6 pôles.	8 pôles.	4 pôles.	6 pôles.	8 pôles.
Gamma	383	15	9	5	0.845	0.810	0.720	0,890	0.845	0,760
	383 B	22,5	13,5	7,5	0,850	0,820	0,760	0,895	0,850	0,765
	464	33,5	21	18,5	0.855	0,855	0.790	0,900	0,855	0.775
	464 B	50	32	18	0.865	0,850	0.825	0,905	0.860	0,785
	562	75	48	28	0,875	0,855	0.850	0,910	0.870	0,795
	562 B	110	72	41	0,880	0,880	0,865	0.915	0,880	0.805

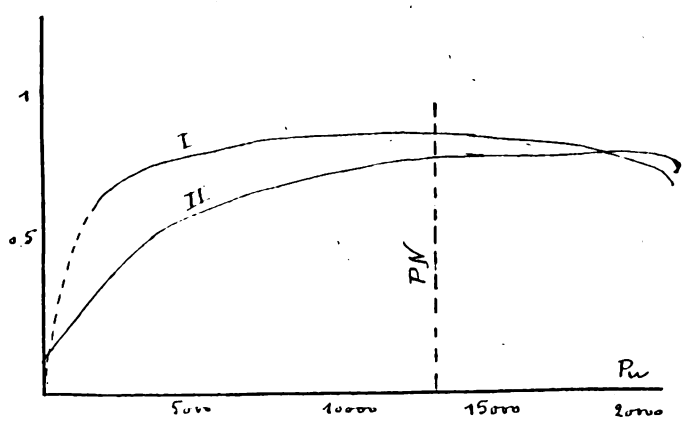
Digitized by Google



Essais à 4 pôles
I. Rendement $n = f(Pu)$.
II. Cos φ $= F(Pu)$.



Essais à 6 pôles.
I. Rendement $n = f(Pu)$.
II. Cos φ $= F(Pu)$.



Essais à 8 pôles.
I. Rendement $n = f(Pu)$.
II. Cos φ $= F(Pu)$.

Fig. 2.
Courbes obtenues avec le moteur de M. Mathivet.

M. Mathivet est arrivé à réaliser un enroulement unique aboutissant à 14 bornes qui, par leur combinaison entre elles, permettent de donner les 3 vitesses cherchées (fig. 1).

Les puissances obtenues sont dans le rapport

$$1 — 1,8 — 3.$$

Le moteur réalisé donne d'excellentes courbes de rendement et de facteurs de puissances (voir figure 2).

Le rapport du couple de démarrage au couple normal est de :

1,7 pour 4 pôles.
3,45 pour 6 —
1,40 pour 8 —

Le rapport de l'intensité de démarrage à l'intensité normale est de :

3,3 pour 4 pôles.
3,15 pour 6 —
3 pour 8 —

La Maison Breguet construit couramment les séries de ces moteurs. (Voir le Tableau de la page précédente.)

Le même type de moteur peut d'ailleurs réaliser les polarités suivantes :

Moteurs à 2 polarités. { 4,8 pôles. / 6,12 — / 4,6 — / 6,8 — / 8,12 — / 4,12 —

Moteur à 3 polarités.. { 2 — 4 — 8 pôles. / 4 — 8 — 16 —

Ce genre de moteur trouve son emploi principalement pour la commande des petites pompes, des petits ventilateurs, des grilles mécaniques des chaudières, des essoreuses, des monte-charges, des treuils et enfin des appareils turbo-pulvérisateurs pour le chauffage des chaudières au charbon pulvérisé.

Nous donnons ci-contre (fig. 2) les courbes obtenues avec ce genre de moteur qui paraît très intéressant pour une foule d'applications.

P. N.

Digitized by Google

UN NOUVEAU COMMUTATEUR ROTATIF POUR TÉLÉPHONIE AUTOMATIQUE

Quoique le commutateur système Strowger soit extrêmement répandu, il en existe de types différents, qui se distinguent surtout par leur mode d'entraînement. La plupart de tous ces commutateurs rotatifs sont d'un rendement comparable au Strowger, mais ne peuvent cependant être utilisés aussi facilement que celui-ci, en tant que chercheurs de ligne, répartiteurs d'appels, sélecteurs de groupes, sélecteurs extrêmes, etc., utilisés, par exemple, comme chercheurs de lignes sur des installations dont chaque groupe comporte 100 abonnés, il faudra, pour la plupart de ces types, faire travailler plusieurs commutateurs en parallèle les uns sur les autres, pour chaque jonction désirée. S'ils comportent des bancs à 50 plots, les bras de contact rotatifs devront être décalés pour assurer une connexion rapide avec la ligne appelante. Avec les appareils à bancs de 100 plots et au-dessus, la recherche des lignes est souvent longue. Un commutateur à action rapide doit pouvoir explorer au moins 100 lignes individuelles, successivement, en moins de 0,5 seconde.

La Dictograph Telephone Ltd vient d'établir un appareil de ce genre dont les figures 1 et 2 illustrent le mode de fonctionnement.

L'arbre rotatif 1 (fig. 1) porte les balais frotteurs dont un seul (2) est représenté. Ces balais sont isolés de l'arbre qui est, par ailleurs, entouré d'un manchon rotatif 5; ce manchon est terminé, à sa partie supérieure, par une roue à rochet 6, et à sa partie inférieure par une boîte à ressort 7; une extrémité 8 du ressort spiral logé dans cette boîte est fixée à l'arbre; l'autre extrémité est solidaire de 7; dans ces conditions, si la boîte à ressort est entraînée dans le sens de la flèche, le ressort 8 sollicite le balai dans la même direction. Le bandage du ressort est effectué par une came d'entraînement 10 actionnée par un électro-aimant 27; cette came agit pas à pas sur la roue à rochet 6 solidaire de la boîte à ressort, jusqu'à ce que celui-ci soit complètement tendu. La rotation de 6 en sens inverse est prévenue par la butée 9. Le ressort sollicite donc le balai frotteur en permanence. Une came d'arrêt 4 s'engageant dans les dents d'une roue taillée 3 solidaire de l'arbre bloque ou libère le balai sous le jeu de l'électro-aimant 11.

Pour amener le balai 12 sur un contact quelconque du banc, l'électro-aimant 11 dégage la came d'arrêt 4 de la roue dentée 3, en s'excitant par l'intermédiaire des plots de contacts qui précèdent la position cherchée, et le balai.

Lorsque celui-ci atteint ladite position, le circuit d'excitation de l'électro-aimant 11 est coupé et la came 4 tombe dans la dent de 3 se trouvant en face. Le balai est alors définitivement bloqué. Pour ce faire, tous les plots précèdent celui où le frotteur doit s'arrêter et reçoivent une polarité déterminée de la batterie; les réglages de 12 par rapport au banc de contacts, et de 4 (qui peut se déplacer le long du bras de levier 26) par rapport à la denture de 3 sont tels que, au moment où le frotteur quitte juste le plot sur lequel il vient de passer (14 par exemple), l'axe de la came 4 se trouve juste dans l'axe du creux d'une dent de 3; dans ces conditions, le temps total nécessaire au frotteur pour balayer le plot de contact 15, et l'isolant 17 qui le sépare du plot suivant (n° 14) est seulement limité par le temps qui met la came d'arrêt 4 à tomber à l'intérieur d'une dent de 3. Ce temps de chute peut être réglé par le ressort de rappel d'armature 19. Il est réduit d'une façon très sensible par l'adjonction de la capacité 21 soit aux bornes du relais 11, soit aux bornes du frotteur 12. A l'instant de l'ouverture du circuit de 11, l'intensité qui le parcourait s'annule presque instantanément, et s'inverse même dans une certaine mesure; le magnétisme rémanent de l'électro-aimant se trouve détruit momentanément par ce courant inversé, en sorte que l'effort total du ressort de rappel 19 est transmis à l'armature libre de toute action électromagnétique. Des essais sur ce genre de commutateur ont montré que, pratiquement, les balais peuvent parcourir leur banc de contact et s'arrêter au plot prévu, avec une marge de sécurité suffisante, à une vitesse de 300 plots par seconde (1). Un commutateur à banc de 100 contacts,

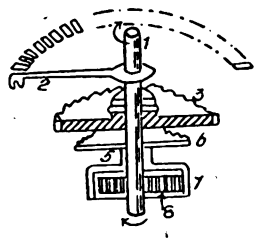


Fig. 1.

Détail des organes portés par l'arbre de rotation du commutateur automatique.

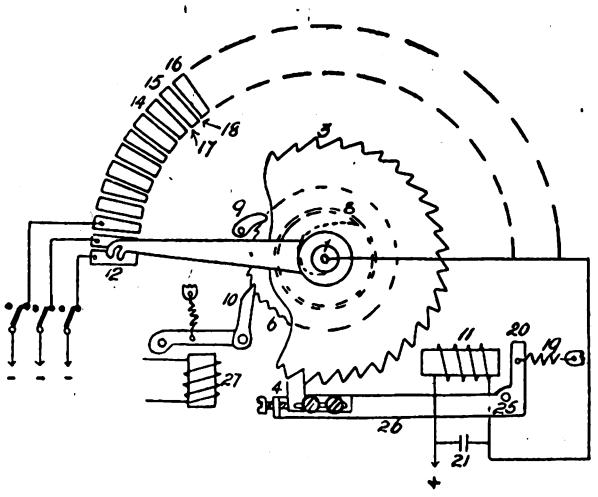


Fig. 2.

Schéma général du commutateur rotatif automatique.

(1) *The Electrical Review*, 22 avril 1927.

Digitized by Google

explorera donc ses 100 lignes en 1/3 seconde. Avec une pareille rapidité de travail, le signal de numérotage, qui indique à chaque abonné que sa ligne est reliée à un organe de recherche libre et qu'il peut, par conséquent, effectuer le chiffre suivant de son appel, devient absolument inutile.

Fonctionnant comme chercheurs de lignes appelantes sur des groupes de 50 lignes d'abonnés, on utilise 2 jeux de balais décalés entre eux de 180° et disposés de telle sorte que chacun d'eux atteigne le premier plot d'un banc avant que l'autre ne quitte le dernier contact du même banc. Sur des groupes de 100 lignes, les balais sont également décalés de 180°, mais de telle façon que, lorsqu'un jeu a balayé 50 contacts, l'autre jeu attaque un nouveau banc de 50 contacts.

Utilisé comme sélecteur de groupe les contacts sont divisés par groupes. A l'origine et au centre de chaque arc embrassant un groupe, se trouvent des contacts dits « de contrôle » ; entre chacune des paires de ces contacts, s'en trouve un troisième, intermédiaire et long, qui peut être constitué par plusieurs plots normaux connectés ensemble.

A l'intérieur de chaque arc, se trouvent les plots de jonction avec les lignes aboutissant au groupe suivant de sélecteurs ou de connecteurs; les dimensions des arcs ainsi balayés par les balais frotteurs peuvent être déterminées expérimentalement en modifiant l'intervalle entre le contact initial et le contact central de chacun d'eux.

On peut ainsi varier le nombre des lignes de jonction entre étages successifs selon les différents groupes de sélecteurs, et cela sans laisser de plots inoccupés sur les bancs du commutateur rotatif.

Travaillant comme dernier sélecteur ou connecteur, les dizaines et les unités sont respectivement transmises sur des bancs de contacts intérieurs et extérieurs aux bancs normaux balayés par des frotteurs convenables; les bancs des dizaines peuvent être des longueurs différentes, c'est-à-dire correspondre à des arcs de bancs de contact renfermant, les uns 10 lignes, les autres plus de 10 lignes; cette souplesse est très avantageuse pour le multiplage.

On estime la durée de ce nouveau commutateur à 20 ans de service dans un central chargé. Les queues de prise de connexion des contacts de banc sont disposées de telle façon que le multiplage puisse s'effectuer par conducteurs rectilignes. Son emploi dans les étages de sélection de groupes et de dernière sélection permettrait probablement d'économiser environ 20 pour 100 des dépenses de sélection entraînés par les moyens actuels. Cette économie s'explique en partie du fait que, grâce à la grande vitesse de rotation de l'organe, l'abonné peut numéroter aussitôt son appareil téléphonique décroché, sans avoir besoin d'attendre le signal acoustique l'informant que sa ligne est en prise avec un organe de sélection disponible.

L'attaque des chercheurs par les lignes d'abonnées est faite suivant un schéma nouveau, permettant l'appel et le raccordement simultanés de 6 abonnés.

Ce nouveau commutateur réalise aussi des économies dans les étages de présélection; le nombre de chercheurs de lignes affectés au 1er étage de présélecteurs peut être réduit, comparé aux chercheurs à 100 lignes jusqu'alors utilisés; il est non seulement plus rapide, mais aussi moins cher.

Cet appareil extrêmement intéressant, dont les applications ne se limitent pas à la téléphonie automatique, mais s'étendent aussi au domaine de la télémécanique en général est l'œuvre de M. F. Aldendorff. J. M.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 23 mai 1927.

Bruissement dans l'aimantation du fer (1), par M. Arkadiew.

M. Barkhausen a découvert, en 1919, que quelques échantillons de fer présentent une marche discontinue de l'aimantation, qui se révèle par des bruissements dans le téléphone, relié à la bobine qui entoure l'échantillon à étudier. Étant donné que l'aimantation est accompagnée de déformations du corps (magnétostriction), on peut s'attendre à des déformations discontinues à l'aimantation et ces déformations peuvent être accompagnées de phénomènes acoustiques, perçus directement par l'oreille. J'ai réussi à découvrir ce phénomène acoustique direct d'une manière très simple.

a. Un morceau de fil de fer de 0,5 mm de diamètre et de 40 mm de longueur est soudé à un diaphragme de cuivre fixé dans un verre. On applique ce dernier à l'oreille; auprès oscille, suspendu à un fil tordu, l'aimant en fer à cheval. A chaque nouvelle aimantation, dans le champ tournant de l'aimant, on entend dans le verre un bruissement caractéristique (2) parfaitement identique au bruissement de Barkhausen dans le téléphone, observé par l'ancien moyen décrit plus haut.

b. Ce bruit s'obtient aussi avec une mince plaque de fer de 25-50μ d'épaisseur (3) fixée dans le verre ou dans une éprouvette; il s'obtient également avec une plaque épaisse à condition qu'on en approche les pôles d'un aimant permanent; il est encore plus simple d'opérer en faisant tourner un aimant vers le diaphragme d'un téléphone simple indépendant de tout fil.

c. Il est possible que ce bruissement se manifeste aussi dans la transmission téléphonique, en altérant les sons transmis. En tout cas, ce bruissement s'observe au changement continu du courant dans le téléphone. L'intensité maximum du courant doit être de 0,3 ampère à 8 milliampères, suivant la résistance du téléphone, 2100 et 5 ohms.

d. Ces phénomènes acoustiques accompagnant l'aimantation sont particulièrement forts, si l'on agit sur une substance possédant l'effet de Barkhausen extrêmement marqué qu'a découvert M. Forrer pour le nickel. Le fil de nickel de 0,2 mm de diamètre, préparé selon la méthode de M. Forrer (4), est fixé par un bout au fond du verre, l'autre bout est soudé

(1) Séance du 9 mai 1927.

(2) Ce bruissement est devenu plus intense quelques semaines après le montage de l'appareil.

(3) La plaque doit être d'une propreté parfaite car une mince couche de cire étouffe le bruissement. Elle ne doit pas être courbée très fort ou enroulée.

(4) R. Forrer. *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1253, 1394.

Digitized by Google

Pendant qu'il est tendu par l'ouverture au centre du diaphragme fixé à l'intérieur du verre. Dans le champ magnétique tournant, le fil de nickel produit deux craquements sonores par période de rotation de l'aimant.

e. Si le fil n'est pas tendu, les chocs sont plus forts, car l'aimantation des fils dans le champ magnétique provoque un déplacement transversal (tressaillement) accompagné d'un plus fort dégagement d'énergie que lorsque le fil est fortement tendu et ne peut que se dilater et se comprimer.

f. Un changement si brusque des forces pondéromotrices dans le champ magnétique des corps possédant l'effet de Forrer peut être démontré de la manière suivante. Un tube capillaire renfermant un fil de nickel de 0,47 mm (1) est fixé à un petit ressort dans une position horizontale ; au-dessous, un peu plus bas, est fixé un autre capillaire renfermant un fil de fer ou de nickel recuit. L'aimant en fer à cheval qui tourne au-dessus aimante les deux fils et les attire successivement. En même temps que le capillaire situé plus bas accomplit une oscillation régulière avec la période du champ alternatif, le capillaire supérieur reçoit des chocs à chaque aimantation et ensuite oscille vivement avec sa courte période propre. Ces secousses provoquent les chocs sonores décrits par l'expérience *d*.

Sur la perméabilité du fer aux fréquences élevées (2), par M. C. Gutton et Mme I. Mihul.

L'aimantation du fer aux hautes fréquences a fait l'objet de nombreuses expériences de M. Arkadiew et de ses élèves (3). Ils obtiennent des perméabilités qui varient dans de très larges limites et très irrégulièrement lorsqu'on change la fréquence. M. Laville (4), au contraire, trouve au cours de recherches très soignées sur la propagation des ondes le long des fils et pour six longueurs d'ondes comprises entre 3 et 87,5 m une valeur presque constante. Il indique d'autre part les difficultés que l'on rencontre dans l'étude de l'amortissement lors de la propagation des ondes progressives et les erreurs considérables qui s'introduisent lorsqu'on n'en tient par compte.

Nous avons repris ces recherches par une méthode qui ne fait pas intervenir la propagation le long d'un fil de fer et dans un domaine de longueurs d'ondes 8 à 25 m.

Un résonateur Blondlot, dont les oscillations satisfont à la formule de Lord Kelvin, est constitué par un condensateur et par un rectangle en fil de cuivre dont on peut remplacer une partie par un fil de fer. La self-induction L du résonateur en cuivre est calculée comme l'a indiqué M. Blondlot (5), lors de ses déterminations de la vitesse de propagation. La self-induction L', lorsqu'une partie de fil est remplacée par un fil de fer de même diamètre, se déduit de la variation correspondante de la longueur d'onde. Cette variation est peu considérable. La longueur d'onde de l'un des résonateurs était par exemple 10,84 m et devient 10,87 m lorsqu'on remplace 7 cm de fil de cuivre de 1,24 mm de diamètre par une égale longueur de fil de fer de même diamètre. La grandeur de l'amortissement est, au contraire, beaucoup augmentée. Cet amortissement est mesuré de la manière suivante : Un oscillateur à lampe, dont on peut faire varier d'une façon continue la longueur d'onde, est couplé, en couplage lâche, avec le résonateur. La différence de potentiel efficace entre les armatures de son condensateur est mesurée avec un électromètre idiostatique (1) relié par des fils courts à ses armatures. L'oscillateur est couplé, d'autre part, à une ligne de deux fils de cuivre réunis à leur origine par une soudure thermo-électrique, sur laquelle on déplace un pont formé par une large lame de cuivre traversée par les fils. Cette ligne permet de déterminer la longuenr d'onde de l'oscillateur.

Ayant accordé l'oscillateur sur le résonateur, on mesure la différence de potentiel et la longueur d'onde. On change ensuite la fréquence de l'oscillateur de part et d'autre de la résonance jusqu'à réduire à moitié la différence de potentiel entre les armatures du résonateur et l'on mesure les longueurs d'onde correspondantes λ_1 et λ_2.

Si R est la résistance du résonateur, L son coefficient de self-induction, la relation suivante, qui se déduit facilement de l'équation des oscillations, donne pour l'amortissement la valeur

$$\alpha = \frac{R}{2L} = \sqrt{3}.10^{10}\pi\frac{\lambda_2-\lambda_1}{\lambda_0^2}.$$

On mesure d'abord α pour le résonateur en fil de cuivre, L étant connu par le calcul, on en déduit R.

On remplace 7 cm de fil de cuivre par un fil de fer, on mesure la nouvelle longueur d'onde de résonance, la formule de Lord Kelvin donne la valeur de la self-induction L'. On détermine ensuite α' et par suite R'.

La différence R' — R est la différence des résistances en haute fréquence de 7 cm de fil de fer et de fil de cuivre. La mesure des résistivités du fer et du cuivre et l'application de la formule de Stefan (1)

$$R = R_0\left[a\pi\sqrt{\mu cn}+\frac{1}{4}\right],$$

relative à la résistance de fils cylindriques en haute fréquence, donnent la perméabilité μ du fer. Dans cette formule R_0 est la résistance en courant continu, a le rayon du fil, c la conductivité et n la fréquence.

De la différence de potentiel entre les armatures du condensateur, on déduit l'intensité maximum du courant et le champ toujours inférieur à 0,5 gauss.

Les expériences ont porté sur deux morceaux de corde de piano de 7 cm de longueur, de 0,85 mm et 1,24 mm de diamètre, de résistivités respectivement égales à 25300 et 22900 unités électromagnétiques. Voici les résultats :

FIL DE 0 mm. 85.		FIL DE 1 mm. 24.	
λ mètres.	$\sqrt{\mu}$.	λ mètres.	$\sqrt{\mu}$.
25,02.	8,5	24,80.	6,9
20,31.	8,6	20,15.	6,9
17,19.	8,5	17,07.	7,1
15,13.	8,6	15,05.	6,9
13,47.	8,4	13,54.	6,8
12,15.	8,5	12,08.	6,7
10,90.	8,5	10,87.	7,0
9,95.	8,1	9,91.	7,0
8,96.	8,5	8,90.	6,9
8,50.	8,0	8,05.	6,9
7,79.	8,2		

Les écarts entre les différentes perméabilités qui correspondent à chacun des fils sont de l'ordre des erreurs expérimentales. Nos expériences, comme celles de M. Laville, ne permettent donc pas de conclure à l'existence de variations de la perméabilité du fer analogues aux variations de la constante diélectrique au voisinage des bandes d'absorption.

(1) Dans le fil de 0,47, mm l'effet de Forrer se montre parfois sans aucune préparation spéciale.

(2) Séance du 16 mai 1927.

(3) Arkadiew, *Ann. der Physik*, 58, 1919, p. 105. — Kartschagin. *Ann. der Physik*, 67, 1922, p. 525. — Nikitin, *Zeitschr. für Physik*, 29, 1924. p. 288, — Wwedensky et Theodortschik, *Ann. der Physik*, 68, 1922, p. 463.

(4) Laville, *Ann. de Physique*, 10e série, 2, 1924, 9. 528.

(5) Blondlot. *Journal de Physique*, 4, 1895, p. 155.

(1) Gutton et Laville, *Ann. des P. T. T.*, 14, 1925, p. 209.

(2) Bouasse, *Ondes hertziennes*, 1925, p. 120.

Digitized by Google

Séance du 30 mai 1927.

Sur le réglage des régulateurs à commande directe munis d'amortisseurs (1), par M. André Blondel.

La disparition de la machine à vapeur à piston rend désirable de compléter sur certains points la théorie des régulateurs à cataracte établie dès 1876 par Vychnégradsky, tout en tenant compte des travaux classiques de M. Lecornu sur les régulateurs simples, amortis seulement par frottement du manchon. Pour faciliter les comparaisons, on adoptera ici (comme MM. Lecornu et Chipart) les variables réduites rapportées à l'écart de vitesse, et on les complétera par les variables réduites de Curie pour les systèmes oscillants. (*Suit le développement mathématique de la question.*)

Sur le renforcement de la tension d'une courroie par le fait de son enroulement sur la poulie, par M. R. Swyngedauw.

Ce renforcement se démontre aisément pour une courroie en caoutchouc. Deux dynamos frein, l'une motrice, l'autre génératrice ont leurs poulies de 200 mm de diamètre reliées par une courroie de caoutchouc de 4,4 mm d'épaisseur. On relève, par la méthode stroboscopique décrite dans une note antérieure (2), l'augmentation relative de vitesse $\frac{\Delta V}{N}$ d'un élément de la face externe de la courroie, qui passe du brin tendu ou du brin mou sur la poulie.

L'expérience donne $\frac{\Delta V}{V} = \frac{42}{1000}$.

Or les vitesses des lamelles élémentaires de l'arc de courroie adhérant à la poulie sont proportionnelles à leur distance à l'axe de cette dernière; par suite, la vitesse de la lamelle externe est à celle de la lamelle interne dans le rapport $\frac{1044}{1000}$ dans le cas présent; de sorte que la vitesse de la lamelle externe dépasse celle de la lamelle interne de $\frac{44}{1000}$ de sa valeur.

Si l'on rapproche ce résultat du précédent, on peut conclure que la *lamelle neutre*, c'est-dire celle qui conserve la même vitesse après qu'avant son engagement sur la poulie, se trouve être pratiquement celle qui est appliquée contre la poulie, d'où cette conséquence, que toutes les autres lamelles élémentaires étant plus longues après qu'avant l'engagement de la courroie sur la poulie, *la tension totale de la courroie augmente par son enroulement sur la poulie* (d'environ un dixième de sa valeur dans le cas considéré).

Si l'adhérence est moins parfaite comme pour les courroies en cuir, l'expérience montre qu'avec les mêmes poulies et dynamos, la lamelle neutre est distante de la poulie d'un tiers ou de deux tiers environ de l'épaisseur du cuir, suivant que la courroie est appliquée chair ou fleur sur poulie.

Le raisonnement précédent ne permet plus dans ce cas la démonstration de la proposition énoncée, mais on y parvient en rapprochant de cette donnée sur la position de la lamelle neutre, le résultat expérimental déjà mentionné dans une note antérieure (3) que dans le glissement fonctionnel, la courroie est adhérente à la poulie sur l'azimut critique (situé entre 15° et 20° du point de premier contact). En effet, puisque dans le brin tendu ou mou toutes les lamelles élémentaires ont la même vitesse que la lamelle neutre et que sur l'azimut critique la vitesse de la face interne de la courroie est plus faible que celle de la lamelle neutre, il en résulte que la face interne atteint la poulie avec une vitesse supérieure à celle de cette poulie, et par conséquent *dans les premiers vingt degrés d'abordage, la courroie glisse en frottant sur la poulie comme si celle-ci était menée*; de sorte que *la tension d'un élément augmente dans cette région au fur et à mesure qu'il progresse sur la poulie.*

Cet arc d'abordage de 20 degrés agit dans le même sens que le reste de l'arc de contact de la poulie avec la courroie si la poulie est menée, mais en sens inverse si elle est menante; ce qui explique pourquoi le *glissement d'ensemble*, signalé antérieurement (4), *commence pour une charge plus faible sur la poulie menante que sur la poulie menée.*

Détermination du coefficient de renforcement. — Quand une courroie s'engage sur la poulie, l'allongement spécifique de sa lamelle externe est dû aux actions simultanées de l'enroulement et de l'accroisement de tension. Mais on peut imaginer que ces deux actions agissent successivement; la courroie subissant avant son engagement sur la poulie un premier allongement dû à un accroissement de tension égal à celui que crée l'enroulement réel, puis un second par le fait de l'enroulement sous une tension constante égale à celle de l'azimut critique.

Dans ce dernier cas, l'allongement spécifique de la lamelle externe dépend uniquement du rayon d'enroulement et l'on peut le désigner par $f(R)$, Quant au premier, il peut s'écrire $\frac{\Delta l}{l} = \frac{\Delta T}{E s} = \frac{k T_e}{E s}$, E étant le coefficient d'élasticité de la courroie de section s tendue sous la tension T_e avant l'enroulement et pour la variation ΔT considérée, k étant le coefficient de renforcement de la tension. Si l'on pose $A = \frac{k}{E s}$ pour un même couple, sur une même poulie, les variations relatives de vitesses dans l'enroulement, Δme de brin tendu si la poulie est menante et Δge du brin mou si la poulie est menée, s'écrivent en désignant par T et t les tensions des brins tendu et mou

$$(1) \qquad \Delta me = f(R) + AT, \qquad \Delta ge = f(R) + At, \qquad (2)$$

d'où $k = \frac{sE}{T - t}(\Delta me - \Delta ge)$.

Si l'on applique cette formule aux expériences relatées dans une note antérieure (2), on obtient ce résultat remarquable que pour une tension spécifique d'environ 250 gr par millimètre carré du brin tendu, *la tension de la courroie qui s'engage sur la poulie augmente de 32 pour 100 de sa valeur avant l'enroulement, si elle est appliquée fleur sur poulie, de 9 pour 100 si elle est appliquée chair sur poulie, de 54 pour 100 si la courroie est en balata*; ce qui implique, semble-t-il, une fatigue plus grande pour la courroie cuir si elle est appliquée fleur sur poulie plutôt que chair sur poulie.

Sur une nouvelle méthode d'étude du dépôt électrolytique des radioéléments (3), par M. Joliot.

Le potentiel électrochimique des radioéléments qui sont présents en solution en quantité minime (solution 10^{-8} à 10^{-16} normale) a été déterminé par l'étude du dépôt produit en un temps donné sur une électrode plongée dans la solution (4).

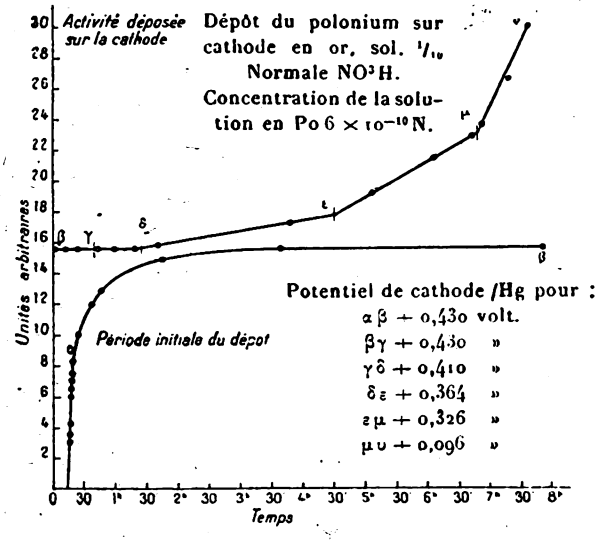
(1) Séance du 9 mai 1927.
(2) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 441.
(3) *Comptes rendus*, 185, 1926, p. 859.

(1) *Comptes rendus*, 185, 1926, p. 859.
(2) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1329.
(3) Séance du 16 mai 1927.
(4) G. V. Hevesy et Paneth. *Wien. Ber*, 125, 1925, p. 1619-1625. Un résumé des divers travaux sur cette question est exposé dans *L'isotopie et les éléments isotopes* de Mme Pierre Curie (*Conf. Rap. Phys.*, p. 30-40).

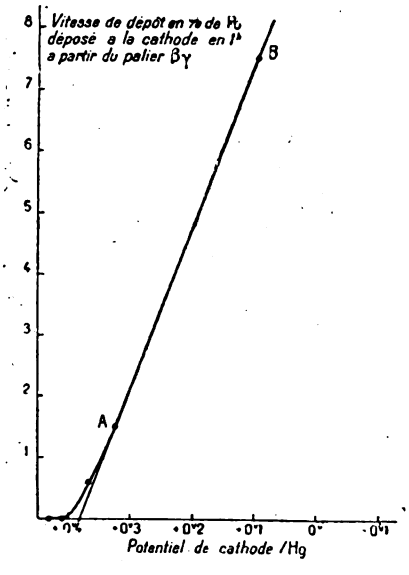
Digitized by Google

La courbe qui représente la quantité déposée en fonction du potentiel d'électrode présente un coude brusque indiquant le potentiel de dépôt du radioélément dans les conditions de l'expérience. Chaque point de la courbe correspond à la vitesse moyenne du dépôt pour le temps considéré.

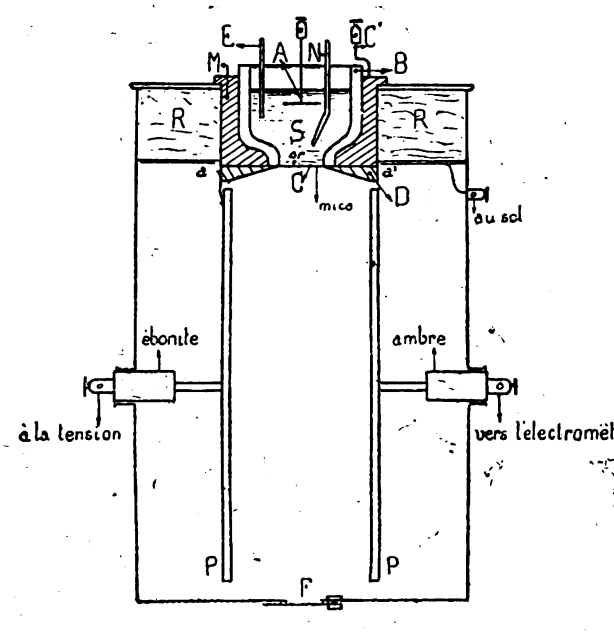
L'appareil décrit ci-dessous a l'avantage de supprimer les



Courbe I.



Courbe II.



A_anode
B_recipient _S_solution
C_cathode C'borne de la cathode.
D_couvercle de serrage de la cath.
E_tube du siphon relié à l'électrode
F_regard pour l'examen de la cathode (normale)
M_manchon métallique cimenté sur B
N_tube d'arrivée d'azote pour l'agitation
PP_plateaux de la chambre d'ionisation
R_bouchon isolant
M B & D_sont rodés suivant a a'

manipulations des électrodes et permet d'étudier le phénomène de façon continue.

Principe. — L'électrode sur laquelle on veut suivre le dépôt fait partie de la paroi du récipient à électrolyse et est suffisamment mince pour être traversée par le rayonnement du corps actif qui s'y dépose. Le rayonnement, libéré au travers de la fenêtre ainsi constituée, entre dans une chambre d'ionisation. La mesure du courant de saturation correspondant est proportionnelle à la quantité de corps déposé. Le dessin ci-après montre la disposition des diverses pièces de l'appareil.

Particularités. — L'électrode transparente est constituée par une feuille mince de mica de 1,5 mg au centimètre carré sur laquelle j'ai fait un dépôt d'or par pulvérisation cathodique (épaisseur d'or 40 μμ environ, surface 0,5 cm². Le rapport entre l'activité déposée et celle mesurée au travers de l'électrode est voisin de 2. Les rayons α du Po étant arrêtés par 1/500 de millimètre d'eau environ, la couche de liquide actif pouvant donner lieu à un rayonnement traversant l'électrode est très peu épaisse, et l'activité correspondante est négligeable.

Résultats. — J'ai repris la détermination du potentiel de dépôt du polonium d'une solution nitrique, sur électrode d'or. Les résultats sont traduits par les courbes ci-contre :

Courbe I. — La partie αβ montre l'allure du phénomène dans la période initiale de dépôt. Le potentiel de l'électrode étant de + 0v,43/Hg, la vitesse de dépôt, très grande dans les premières minutes, tombe à une valeur nulle après quelques

Digitized by Google

heures. C'est à partir du palier $\beta\gamma$, défini par une attente de 15 heures, que j'ai fait varier le potentiel de l'électrode.

Courbe II. — J'ai constaté que la vitesse de dépôt offre une montée brusque aux environs de $+ 0^{v},40$/Hg et que, pour les potentiels inférieurs, elle prend, à potentiel constant, une valeur constante, qui croît quand le potentiel s'abaisse, à condition qu'on le rapporte à une concentration constante de la solution en polonium. La courbe se compose donc de portions de droites $\beta\gamma$, $\gamma\delta$,... dont les inclinaisons permettent de calculer les vitesses de dépôt. Le point de rencontre de AB avec l'axe des potentiels fournit la valeur critique du potentiel de dépôt $+ 0^{v},38$ Hg dans les conditions de l'expérience.

Je poursuis ces recherches dans le but d'étudier l'influence de la concentration et la période initiale du dépôt.

REVUE DE LA PRESSE

RADIATIONS

Le rayonnement des antennes de la T. S. F. M. Mesny (*Bulletin de la Société d'Encouragement à l'Industrie nationale*, juillet-août-septembre 1926) a résumé fort nettement nos connaissances actuelles sur le difficile problème du rayonnement des antennes.

On établit que le champ électrique E en un point du plan situé à une distance D est vertical et donné par la formule

$$(1) \qquad E = \frac{120\,\pi\,h\,I}{\lambda\,D},$$

h étant exprimé en mètres, I en ampères λ et D en kilomètres, E en microvolts par mètre.

Pour une antenne réelle, on convient d'appeler hauteur de *rayonnement* la hauteur h qu'il faut mettre, dans cette formule, pour obtenir la valeur du champ effectivement rayonné, I représentant alors l'intensité du courant à la base de l'antenne. On détermine la hauteur de rayonnement au moyen d'une mesure de champ.

Pour les antennes les plus fréquentes, comportant une longue nappe horizontale et une descente verticale, la hauteur de rayonnement est comprise entre 50 et 65 centièmes de la hauteur de la nappe; la hauteur de rayonnement d'une antenne filiforme de hauteur H est égale à $\frac{2}{\pi}H$.

L'énergie rayonnée par l'antenne est, en watts :

$$(2) \qquad W = 1600\left(\frac{h}{\lambda}\right)^{2} I^{2}$$

I étant l'intensité efficace mesurée en ampères à la base de l'antenne.

Si l'on met W sous la forme $R\,I^{2}$, R est ce qu'on appelle la résistance de rayonnement de l'antenne, sa valeur en ohms est :

$$(3) \qquad R = 1600\left(\frac{h}{\lambda}\right)^{2}.$$

C'est la résistance utile de l'antenne; il est intéressant de voir comment elle varie avec la longueur d'onde et de la comparer aux résistances passives. Celles-ci proviennent de la résistance ohmique des conducteurs et surtout des pertes d'énergie dans le sol et les diélectriques voisins. Pour $\lambda = 18900$ m et $h = 170$ m, ce qui correspond à la station Lafayette à Bordeaux, la résistance de rayonnement vaut seulement 0,15 ohm. Pour une antenne filiforme verticale de 4 m de hauteur et une onde de 25 m, cette résistance atteint 16,5 ohms. Si maintenant, on considère que la résistance passive de l'antenne d'une station à onde longue est, en moyenne, de 0,75 ohm et que celle de la petite antenne ci-dessus est de l'ordre de 10 ohms, on voit que le rendement de la petite antenne sur onde courte atteint 0,62 au lieu de 0,15 pour la grande. C'est un avantage important des ondes courtes.

Les antennes généralement employées rayonnent leur énergie indistinctement suivant toutes les directions de l'horizon. Dans un axe vertical, la densité d'énergie est maxima suivant l'horizon; elle diminue avec la distance zénithale pour s'annuler vers le zénith. Il serait possible, par l'emploi des dispositifs analogues à ceux de l'optique, de réaliser des systèmes dans lesquels l'énergie serait concentrée en faisceaux relativement étroits suivant une direction quelconque. Mais les dimensions des systèmes employés doivent être au moins de l'ordre de grandeur des longueurs d'onde, ce qui limite leur emploi aux ondes les plus courtes, inférieures à 50 m par exemple (1).

Les formules théoriques, qu'on peut considérer comme fournissant des valeurs approchées dans le cas des grandes longueurs d'onde, ne conviennent plus du tout pour les ondes courtes. Les valeurs observées du champ peuvent être considérablement plus grandes que les valeurs calculées.

Toutes ces remarques font ressortir certains avantages des ondes courtes. Mais pour apprécier complètement l'influence de la longueur d'onde sur l'exploitation commerciale, il est nécessaire d'examiner aussi la question de la réception. D'après M. de Bellescize, avec des récepteurs également soignés, les résultats obtenus dans la réception d'ondes de différentes longueurs restent identiques si l'expression : $\frac{E}{N\lambda}$ conserve une valeur constante.

Dans ce rapport, E représente le champ de l'onde dans la région du récepteur, N est le nombre de mots passés dans l'unité de temps, λ la longueur d'onde employée.

Dans ces conditions, on voit que, toutes choses égales d'ailleurs, le champ produit par l'émetteur peut diminuer en même temps que la longueur d'onde. Dans le cas des ondes courtes, on peut donc réduire considérablement la puissance d'émission pourvu que l'absorption de l'énergie au cours de la propagation ne soit pas trop considérable pour ces ondes; or l'observation montre que l'absorption des ondes plus courtes que 100 m est extrêmement petite, au moins dans certaines conditions. Il n'est pas étonnant qu'on ait rencontré, avec ces dernières ondes, des conditions très favorables au trafic. A. B.

Quelques propriétés nouvelles des rayons X. — Lorsque les ondes venant d'une source de radiations, ponctuelle ou linéaire, sont limitées par un écran, il se produit des phénomènes de diffraction bien connus et que la théorie électromagnétique permet de prévoir. Dans cette théorie, l'écran ne joue jamais qu'un rôle en quelque sorte passif, se bornant à imposer à la propagation des ondes certaines conditions aux limites; il n'intervenait jusqu'ici d'une façon plus directe que dans la diffraction éloignée, étudiée par Gouy.

M. Wolfers a étudié (*Thèse*, Paris 1927) d'autres phénomènes présentés par les rayons X et par la lumière, qui font également intervenir la nature des écrans :

1° Le contour apparent de tout corps plus absorbant que le

(1) La formule (1) ne convient que pour des distances relativement faibles. En y ajoutant un facteur exponentiel, M. Austin a obtenu une formule empirique, qui fournit des valeurs assez voisines de la réalité :

$$E = \frac{120\,\pi\,h\,i}{\lambda}\,e^{-0,0015\frac{D}{\lambda}},$$

les unités étant les mêmes que dans la formule (1).

Digitized by Google

milieu environnant, projeté par un faisceau de rayons X sur une plaque peu éloignée, est bordé extérieurement par une frange noire, de largeur assez nettement déterminée et mesurable au microscope. De plus, le diamètre apparent du corps, supposé limité à l'intérieur de cette bande noire, est en général systématiquement trop grand.

2° Lorsqu'on observe l'ombre d'un écran, à bords rectilignes très nets, portée par une source lumineuse de quelque étendue (afin d'éviter les effets de diffraction ordinaire que donnent les sources ponctuelles ou linéaires), on constate que l'ombre géométrique, au lieu de s'estamper graduellement, paraît limitée par une ligne lumineuse étroite et pâle. Ce phénomène était jusqu'ici passé inaperçu bien qu'il soit parfaitement net parce que, dans les conditions où se font d'habitude les expériences de diffraction, il est entièrement masqué par les franges ordinaires.

L'étude de ces phénomènes a conduit M. Wolfers aux conclusions suivantes :

1° Le bord des écrans ne joue pas seulement le rôle passif d'imposer certaines conditions limites à la propagation des ondes. Leur surface est recouverte de résonateurs qui émettent un rayonnement secondaire pouvant interférer avec les ondes incidentes.

2° L'intervention de ces résonateurs est liée à certaines conditions d'orientation et de discontinuité.

3° Les radiations qui passent au voisinage immédiat du bord d'un écran sont repoussées par celui-ci.

Il faut rapprocher cette dernière conclusion d'expériences toutes différentes par lesquelles d'autres physiciens ont été conduits à l'idée de chocs possibles entre particules matérielles et quanta de lumière. Ainsi Langmuir, étudiant la diffusion de certains électrons dans les gaz ionisés, a trouvé que tout se passait comme si ces électrons subissaient un nombre de chocs très supérieur à celui qui serait compatible avec la théorie cinétique et en a conclu que ces électrons entraient en collision avec les quanta de rayonnement. D'autres considérations l'ont conduit à admettre sur certaine diffusion des électrons, même dans les vides les plus parfaits, diffusion qui serait due aux chocs contre les quanta du rayonnement isotherme. A. B.

T. S. F.

Réception par cadre en radiotélégraphie et radiotéléphonie. (*Bulletin de la Société d'Encouragement à l'Industrie nationale*, juillet-août-septembre 1926.) — M. Mesny a étudié les conditions de la réception par cadre et son application à la radiogoniométrie.

On appelle *cadre* une grande bobine plate dont les plans des spires sont verticaux et qui peut tourner autour d'un axe vertical. Cette bobine est connectée aux bornes d'un condensateur qui forme avec elle un circuit oscillant que l'on accorde sur l'émission à recevoir.

On établit que la force électromotrice induite s'annule lorsque le plan du cadre est normal à la direction qui joint le centre du cadre à l'antenne émettrice et qu'elle est maxima lorsque le plan du cadre passe par la direction de cette antenne. On peut donc découvrir la direction d'un émetteur en faisant tourner un cadre auquel on a connecté un système d'écoute; il suffit de l'arrêter au moment où les signaux disparaissent. Pratiquement, il y a une zone d'extinction dont on prend la direction médiane.

2. Un cadre ne reçoit d'une onde qui passe qu'une très faible force électromotrice. L'antenne qui recevrait la même force électro-motrice que le cadre orienté au maximum aurait une hauteur :

$$h = \frac{2\pi S}{\lambda}$$

S désignant la surface du cadre (somme totale de toutes les spires) et λ la longueur de l'onde.

Cette valeur est très petite; elle est généralement voisine de 20 à 30 cm pour les cadres de 2 à 3 m de diamètre; elle descend à quelques centimètres seulement pour les cadres dont le diamètre est voisin de 1 m que l'on emploie le plus souvent aujourd'hui pour la radiogoniométrie.

Le cadre laisse un doute relativement au sens dans lequel se trouve l'émetteur : la direction n'est déterminée qu'à 180° près. Mais il est possible de supprimer cette incertitude en couplant le cadre avec une antenne qui reçoit, elle aussi, l'émission.

Les propriétés directives du cadre sont (aussi) employées en dehors de la radiogoniométrie pour obtenir des réceptions plus sélectives dans les régions brouillées; elles permettent, en particulier, de se débarrasser d'une émission puissante pour recevoir un poste faible quand les deux émissions ne se trouvent pas dans la même direction. Cette propriété est utilisée pour réaliser du travail en duplex entre deux stations qui peuvent alors émettre et recevoir simultanément, en écartant la réception et l'émission de quelques kilomètres seulement.

3. La radiogoniométrie a été, dès le début, utilisée à bord des navires pour déterminer leur position. On peut installer les radiogoniomètres à terre, le long des côtes; les navires appellent et passent un signal au moyen duquel on détermine leur azimut qui leur est communiqué par T.S.F. Mais il est beaucoup plus agréable et plus sûr pour un marin d'observer lui-même les éléments qui lui servent à faire le point; aussi a-t-on cherché de bonne heure à installer des radiogoniomètres sur les navires eux-mêmes. On a rencontré d'abord quelques difficultés provenant de l'encombrement des ponts par des superstructures de toutes sortes, qui diffractent les ondes, faussent les azimuts et rendent les observations malaisées. On a reconnu cependant que, moyennant quelques précautions relatives à l'emplacement des appareils, les déviations étaient parfaitement régulières, comme celles des compas magnétiques; il suffit dès lors de connaître la courbe des déviations pour corriger les relèvements observés. La déviation maxima est de 3 ou 4 degrés sur les petits navires; elle peut atteindre une douzaine de degrés sur les grands; cette déviation dépend beaucoup de l'emplacement choisi.

4. On a également essayé d'installer des radiogoniomètres à bord des aéronefs. Ici les difficultés sont plus grandes; la place manque et le brouillage produit par les magnétos des moteurs apporte un obstacle très grave à la réception sur cadre.

Alors que l'antenne traînante reçoit, de l'anode qui passe, une force électromotrice importante, le cadre n'en reçoit qu'une très faible et, comme il est tout près de la source de brouillage que constituent les magnétos, le rapport du brouillage aux signaux est beaucoup plus fort pour lui que pour l'antenne. On est cependant parvenu à vaincre la plupart des difficultés et on pratique aujourd'hui la radiogoniométrie à bord des avions.

5. En dehors de perturbations accidentelles dans la propagation des ondes, qui se produisent surtout au lever et au coucher du soleil on peut compter que les relèvements s'obtiennent, en général, avec une approximation de 1 à 2 degrés; le nombre des erreurs égales ou supérieures à 3 degrés est seulement de 4 ou 5 pour 100. Il s'agit là, bien entendu, d'observations effectuées par des opérateurs exercés, avec des appareils bien établis et bien placés soit à terre, soit sur un navire. Les erreurs sur les avions peuvent atteindre des valeurs plus élevées; un écart de 3 à 4 degrés n'y est pas rare.

6. On pourrait croire qu'un radiogoniomètre installé sur une hauteur est particulièrement bien placé en raison de son horizon dégagé. Ce serait une grave erreur, le meilleur em-

Digitized by Google

placement est constitué par une plaine ou un plateau. La colline est le siège d'oscillations forcées qui produisent à leur tour un champ perturbateur; celui-ci agit sur le radiogoniomètre et fausse les relèvements.

La présence de montagnes ou de vallées sur le chemin des ondes peut occasionner aussi des déviations; mais celles-ci ne sont importantes que si ces accidents de terrain sont relativement près de l'observateur ou de l'émetteur.

Un phénomène beaucoup plus important, à tous points de vue, est celui produit par la nuit. Sur terre, quand la nuit tombe, il devient en général impossible d'obtenir des azimuts exacts; le plus souvent les extinctions de son, que l'on obtient normalement en orientant convenablement les cadres, disparaissent et sont remplacés par des minima plus ou moins flous. Les écarts avec les directions vraies atteignent alors facilement 10 ou 15 degrés, mais ils peuvent devenir beaucoup plus importants : il n'est pas exceptionnel, surtout avec les ondes de plusieurs milliers de kilomètres, d'observer des déviations de 40 à 50 degrés. Ces déviations sont le plus fréquentes quelque temps après le coucher du soleil et parfois un peu avant le lever; il arrive qu'elles changent d'amplitude avec une très grande rapidité.

Sur mer et pour les ondes de 600 à 1000 m, employées pour la radiogoniométrie des navires, ces déviations de nuit n'existent pas ou du moins elles sont rares et peu importantes. Il est impossible de fixer des limites à ce sujet, mais l'auteur a constaté que les ondes devaient parcourir au moins 30 à 40 km au-dessus de la terre pour être soumises aux effets de nuit. Ce sont là des circonstances heureuses, sans lesquelles la radiogoniométrie, si utile à la navigation, ne serait possible que de jour.

7. Des réseaux goniométriques ont été installés sur toutes les côtes et sont couramment utilisés. Actuellement, il existe surtout des radiogoniomètres chargés de relever les bâtiments qui les appellent et de leur passer leur azimut, mais on commence à installer aussi des radiophares, simples émetteurs envoyant des signaux déterminés à intervalles fixes et destinés à être relevés par les navires munis de cadres. Les radiogoniomètres côtiers prennent leurs observations sur les ondes de 450, 600 et 800 m, les radiophares émettent sur l'onde de 1000 m.

Depuis deux ou trois ans, on fait, de divers côtés, des essais avec des ondes extrêmement courtes de 3 à 6 m. qu'il est possible de diriger en faisceaux étroits au moyen de miroirs ou de réseaux. En faisant tourner ces faisceaux autour d'un axe vertical, on obtient l'analogue des phares lumineux tournants. En outre, un dispositif automatique émet d'une façon continue des signaux qui diffèrent suivant la direction dans laquelle se trouve le faisceau. Le navire qui écoute ces signaux peut donc déterminer son azimut par rapport au phare en notant celui d'entre eux qu'il a entendu le plus fortement.

A. B.

DIVERS

L'emploi de l'électricité dans l'agriculture (*Elektrotechnik und Maschinenbau* du 22 mai). — L'avantage de l'emploi de l'énergie électrique dans les exploitations agricoles ressort nettement de la considération suivante: pour la nourriture des animaux de trait assurant le travail, il faut consacrer 24 pour 100 du blé produit, 44 pour 100 du foin et 67 pour 100 de l'avoine.

En outre, l'électricité permet une diminution du nombre des personnes employées et une augmentation des produits.

L'emploi d'installations mécaniques pour traire les vaches, comme il en existe dans 16 000 fermes en Nouvelle-Zélande, où le lait est amené au moyen de tuyaux directement à la laiterie, permet de n'employer qu'une seule personne pour assurer le service de 50 vaches.

Pendant les mois d'hiver, l'éclairage électrique des poulaillers fait augmenter la ponte de 20 pour 100. Dans beaucoup d'installations on chauffe, au moyen de l'énergie électrique, les locaux où se font les couvées, et on sèche le grain et les foins; on détruit les insectes en utilisant la haute tension. La conservation électrique des fourrages verts, où l'on consomme de 0,8 à 1,5 kw-h pour 100 kg de fourrage, fait augmenter la production de lait d'une vache de 1 à 2 litres par jour; dans les mêmes conditions elle permet d'augmenter, parfois, jusqu'à 100 pour 100, le nombre des bestiaux.

F. L.

Relevé de défauts à des lignes aériennes, au moyen d'aéroplanes (*Elektrotechnik und Maschinenbau* du 29 mai). — Pendant un très grand orage de neige, on avait constaté un défaut sur la ligne aérienne de la « Dodge City electrical C° »; il était impossible, à cause de la quantité de neige amoncelée, de procéder à l'inspection de la ligne soit à pied, soit à cheval. On eut alors l'idée de recourir à un aéroplane et au bout de 40 minutes, l'emplacement du défaut était découvert. On chercha alors un terrain d'atterrissage à proximité et le lendemain on envoya avec l'aéroplane un ouvrier avec ses outils qui releva le défaut et en même temps inspecta le restant de la ligne, de 145 km de longueur. L'ouvrier put en 3 heures relever le défaut et inspecter toute la ligne.

L'aéroplane, muni d'un moteur de 90 ch, se tint constamment à 10 m environ au-dessus de la ligne; l'observateur a déclaré qu'il avait pu examiner les isolateurs de la ligne, beaucoup plus sérieusement qu'il n'aurait pu le faire avec une automobile.

F. L.

L'électrification des chemins de fer fédéraux suisses (*Bulletin n° 5 de l'Association suisse des électriciens.*) — L'électrification de la grande ligne Genève Rorschach d'une longueur de 386 km, qui passe par Lausanne, Berne, Zurich et Saint-Gall, est complètement terminée. Sur cette ligne qui relie le Rhône au Rhin, traverse la Suisse dans toute sa longueur, la traction électrique a été appliquée depuis le 15 mai; d'après l'indicateur la durée totale du trajet est de 8 h 55 mn. 359 mn de marche et 156 mn d'arrêts dans les diverses stations. Lors de la traction à vapeur, la durée du trajet était de 9 h 15 mn, 447 mn de marche et 108 mn d'arrêts dans les stations. Le premier train régulier qui a accompli le trajet a été remorqué par une locomotive d'express, d'une puissance de 1900 ch pour une marche de 1 h et de 1650 ch pour une marche continue; le parcours s'est effectué avec la plus grande régularité, le train parti de Genève à 7 h est arrivé exactement à 15 h 55 à Rorschach.

Il y a actuellement sur les chemins de fer fédéraux suisses 1229 km de lignes exploitées électriquement, soit 42,5 pour 100 du réseau, représentant 70 pour 100 du trafic total.

F. L.

L'Association des électrotechniciens allemands. — Cette société a tenu son assemblée générale annuelle à Kiel du 30 juin au 3 juillet. Après une journée consacrée aux affaires de la société, les membres ont entendu une conférence : « Cinquante années de téléphonie en Allemagne », puis on s'est occupé de la manière d'assurer le fonctionnement des grandes centrales pendant les périodes de pointe. M. Ruths, de Stockholm, a traité la question de l'accumulation de l'énergie dans les chaudières de son invention; M. Reichel, de Charlottenburg, de l'accumulation de l'eau dans des bassins de retenue; M. Berdelle, de Berlin, de l'emploi des accumulateurs électriques et M. Gercke, d'Augsbourg, de l'emploi des grands moteurs Diesel, pour fournir l'énergie supplémentaire pendant les périodes de pointes.

F. L.

L'Editeur-Gérant : A. LAHURE.

91 880. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris. — 1927

Digitized by Google

36e Année. — N° 844 25 Août 1927.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTEUR EN CHEF
ALFRED SOULIER
Le 2e vendredi de chaque mois de 15 h. à 16 h.

ABONNEMENTS
Paris et Départements : 30 francs par an.
Union postale : 40 francs par an.

ADMINISTRATION
9, rue de Fleurus, 9. — Paris (VIe)
TÉLÉPHONE :
Ségur 04-23 et **Ségur 04-44.**

Adresser tout ce qui concerne la rédaction au Rédacteur en Chef, 9, rue de Fleurus.

Pour toute demande de numéros de L'Industrie Électrique *on est prié de joindre, à la demande, le montant de l'envoi, en timbres-poste ou en mandat postal.*

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — Les progrès de la construction des machines électriques pendant l'année 1925. — La radiotéléphonie de diffusion. — Les ondes courtes et la T. S. F. — L'union centrale de l'industrie électrotechnique Allemande. . . 361

LA TECHNIQUE MODERNE DES APPAREILS DE MESURE POUR COURANTS ALTERNATIFS. J. M. 365

LA CONCENTRATION DES IONS HYDROGÈNES (*suite et fin*). A. Boutaric. 370

RÉSUMÉ CRITIQUE DES DERNIERS TRAVAUX SUR LES DIÉLECTRIQUES. (*suite*). J. M. 377

ARRÊTÉ DU 30 AVRIL 1927 DÉTERMINANT LES CONDITIONS TECHNIQUES AUXQUELLES DOIVENT SATISFAIRE LES DISTRIBUTIONS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE. 383

La reproduction des matières contenues dans L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE sans citation de ce journal est interdite.

Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus.

INFORMATIONS

Les progrès de la construction des machines électriques pendant l'année 1925. — Le rapport présenté à l'Assemblée générale de 1926, de l' « American institute of electrical engineers », donne pour la première fois des renseignements sur les méthodes européennes, de sorte que l'on peut établir des comparaisons et se rendre compte que l'ancien monde tient la tête dans beaucoup de domaines; naturellement le journal autrichien, qui reproduit ces renseignements, attribue principalement ces avantages à l'Autriche et à l'Allemagne.

Le rapport s'occupe tout d'abord des turbo-générateurs; un progrès a été réalisé par la construction de 2 unités de 62500 kv-a à la vitesse angulaire de 1800 t : min, tandis qu'auparavant pour de telles unités on ne dépassait pas 1200 tours. Ce résultat a été principalement obtenu par l'amélioration de la ventilation par suite de la disposition plus rationnelle des canaux de ventilation et de l'augmentation de leur nombre.

On ne peut guère songer à augmenter la puissance des génératrices à plus faible vitesse, à cause du poids considérable du rotor.

En Amérique on a construit deux génératrices de 60000 kw ($\cos\varphi = 0{,}80$) et on en construit une de 75000 kw.

Les unités les plus puissantes construites en Europe sont celles de la centrale de Gennevilliers, de 60000 kv, 1500 t : min.

Les puissances que l'on peut réaliser, avec les moyens actuels, pour les génératrices, à arbre unique sont 40000 kv-a à 3000 t : min; 90000 kv-a à 1800 tours et 100000 kv-a à 1500 t : min. Quand on doit dépasser ces puissances, avec une seule unité, il faut employer le type compound avec plusieurs arbres et turbine ayant plusieurs bâtis. Il existe, en Amérique, 2 groupes, l'un de 77000, l'autre de 80000 kw avec 2 arbres chacun et l'on est en train d'en construire deux : l'un de 160000, l'autre de 200000 kw avec 3 arbres.

L'adoption de machines de grandes puissances, à grande vitesse angulaire, exige l'emploi de matériaux de premier ordre, et une étude approfondie de la longueur du rotor et de la disposition des paliers et du bâti. Les enroulements doivent être soigneusement isolés, car ils sont soumis à des

Digitized by Google

efforts considérables par la force centrifuge et les variations de température. La circulation de l'air nécessaire pour le refroidissement est assurée dans les machines de faible puissance au moyen d'ailettes montées sur l'arbre, mais dans celles de grande puissance il faut avoir recours à des ventilateurs spéciaux. Des ventilateurs spéciaux bien étudiés permettent d'augmenter de 0,1 à 0,2 pour 100 le rendement de la machine.

Dans les grandes machines l'emploi de ventilateurs spéciaux permet de diminuer le diamètre du rotor, ce qui entraîne une augmentation de rendement de 0,3 à 0,4 pour 100 par suite de la diminution des pertes par frottement de l'air. Un autre avantage de l'emploi des ventilateurs spéciaux est que l'air peut être au préalable envoyé dans des appareils de refroidissement, de sorte que sa température soit inférieure à celle de l'air de la salle; et en outre on peut utiliser constamment le même air et éviter un dépôt de poussière dans la machine. Ce système utilisé presque sans exception pour les turbo-générateurs est aussi employé pour d'autres machines, particulièrement les génératrices des usines hydrauliques.

Dans les usines hydro-électriques, l'emploi de génératrices à axe vertical, avec bâti portant le tourillon supérieur, se répand de plus en plus; 80 pour 100 des machines sont de ce type. Les génératrices les plus puissantes sont celles de 65000 kv-a des usines du Niagara, on considère cependant que l'on pourrait en construire de plus puissantes et estime que, actuellement, l'on peut atteindre 20000 kv-a pour une vitesse angulaire de 600 t : min, 300000 pour 500 t : min, 80000 pour 300, et 150000 kv-a pour 100 t : min.

Les groupes avec moteurs Diesel, les plus importants, sont ceux fournis l'année dernière pour le canal de Panama, qui ont une puissance de 3125 kv-a, une vitesse angulaire de 125 t : min; le groupe que l'on construit pour les usines électriques de Hambourg aura une puissance beaucoup plus considérable, soit 15000 kv-a à 94 t : min.

La question principale pour les transformateurs est celle du refroidissement.

On est en train d'expérimenter un nouveau système de refroidissement qui consiste à faire circuler de l'air autour de la cuve à huile, contenant le transformateur. Le système de refroidir l'huile à l'extérieur assez répandu en Europe l'est moins en Amérique, où on ne l'utilise que pour des appareils très puissants.

Pour les transformateurs à refroidissement naturel, on n'a pas dépassé une puissance de 20000 kv-a, pour ceux à courant alternatif simple; les plus grandes unités construites en Amérique ont une puissance de 28864 kw-a, celle-ci est dépassée par les transformateurs à 110000 v, de l'usine électrique Rhénane westphalienne, qui, construits il y a quelques années avec des enroulements en aluminium, ont actuellement avec les enroulements en cuivre dont on vient de les munir, une puissance de 75000 kv-a.

Pour les moteurs synchrones, destinés à améliorer le déphasage dans un réseau, le plus puissant est celui de 40000 kv-a, 600 t : min, installé dans un réseau à 200000 v.

Dans cette dernière catégorie de machines, il est important de diminuer autant que possible les pertes, car elles sont constamment branchées dans le réseau. Pour cela on utilise des unités tournant à une vitesse angulaire aussi grande que possible pour des types de 25000 à 40000 kv-a, on adopte une vitesse de 600 t : sec, pour 15000 kv-a 720 t : min; afin de diminuer le bruit, on emploie des machines complètement renfermées. Dans une installation, on a muni un moteur synchrone de 100 kv-a d'un régulateur de tension qui provoque la mise en marche ou l'arrêt suivant la tension en ligne.

Pour les moteurs de grande puissance, on emploie de plus en plus le type synchrone à la place des moteurs d'induction. Le plus puissant installé jusqu'ici est de 9000 ch, 6600 v, commandant un laminoir, le rendement est de 1,5 pour 100 plus élevé que celui d'un moteur d'induction, et la puissance réactive supprimée est de 4000 kv-a.

Il n'y a pas d'amélioration bien sensible dans la construction des moteurs d'induction, on tend toujours à diminuer le facteur de puissance et à augmenter l'isolation; le moteur le plus puissant de ce type construit en Amérique est utilisé pour un laminoir, il est de 8000 ch et la tension est de 13200 v. En Europe on a construit des appareils de démarrage automatique, à force centrifuge pour des moteurs atteignant une puissance de 225 ch, ainsi que des moteurs complètement enfermés avec bâti refroidi par de l'eau, principalement pour la commande de pompes d'exhaure; avec ce système le moteur renfermé atteint 70 pour 100 de sa puissance, quand il est ouvert.

Les courants à haute fréquence sont de plus en plus utilisés dans l'industrie, ce qui force à construire des génératrices appropriées. Pour la fabrication d'alliages d'argent et la fusion du cuivre, du laiton et du nickel, on emploie des fours d'induction dépourvus de fer, qui sont alimentés par des moteurs de 500 à 2000 ch; dans ce but on a construit des génératrices à courant alternatif simple de 600 kw pour la fréquence 480 et de 150 kw pour des fréquences atteignant 2000. Pour la commande de machine à travailler le bois, à très grande vitesse, on emploie des moteurs triphasés à la fréquence 420, alimentés par des génératrices spéciales. Avec de tels moteurs on peut atteindre des vitesses angulaires de 25000 t : min. En Europe, on emploie des moteurs à la fréquence 50, qui possèdent des rotors et des stators disposés concentriquement, avec lesquels on peut atteindre des vitesses angulaires de 6000 t : min.

Les redresseurs à vapeur de mercure sont bien moins utilisés en Amérique qu'en Europe, quoique l'on en reconnaisse les avantages; notamment au point de vue du rendement. Il n'y a que 2 installations qui en aient en service depuis plus d'un an, mais ces derniers temps on en a installé un grand nombre. Outre l'avantage d'un bon rendement, ils permettent d'atteindre des tensions continues plus considérables que les commutatrices : on peut obtenir une tension continue de 4000 v, pour des puissances de 3000 kw, tension dont l'emploi a été reconnu très avantageux dans les grandes lignes de chemin de fer. Ils peuvent être mis en fonctionnement très facilement et ne produisent aucun bruit, ce qui a une certaine importance dans les lieux habités. F. L.

La radiotéléphonie de diffusion. — Dans une étude récente, le Commandant Julien (*Bulletin de la Société d'Encouragement à l'Industrie nationale*, juillet-août-septembre 1926). — On trouve d'intéressants renseignements sur la radiotéléphonie de diffusion (broadcasting) qui est actuellement l'une des applications les plus importantes de la radiotéléphonie.

1. Les premiers essais de radiodiffusion ont été faits en Europe par le poste de la Tour Eiffel, en 1921. La puissance mise en jeu, limitée d'abord à 600 w, a été portée ensuite à 5 kw. La longueur d'onde utilisée est celle employée normalement par ce poste pour les émissions d'intérêt général, 2650 m.

Peu après, la station de la Compagnie française de Radiophonie, établie à Levallois-Perret, commençait des émissions avec une puissance voisine de 2 hw sur une longueur d'onde de 1750 m. Cette station a été ensuite transférée à Clichy-Levallois et sa puissance portée à 10 kw (émissions Radio-Paris). Enfin, dans le but d'expérimenter l'emploi d'ondes plus courtes, l'École supérieure des Postes et des télégraphes a créé, en 1925, une station d'une puissance de 500 w utilisant des ondes de 450 m. Quelques stations régionales ont été installées soit par l'Administration des P. T. T., soit par des Compagnies privées.

Digitized by Google

2. Pour diverses raisons, déjà indiquées, on utilise en radiodiffusion des ondes relativement courtes. Les stations puissantes, à grand rayon d'action, sont réglées en général sur des ondes de l'ordre de 1000 à 3000 m au plus (Tour Eiffel 2650; Radio-Paris 1750; Daventry 1600; Königswüsterhausen 1300 m) et les stations d'intérêt purement régional sur des ondes de l'ordre de 200 à 1000 m (Poste des P. T. T. 458 m; Poste du *Petit Parisien* 333 m; Londres 365 m; Lausanne 850 m, etc...).

D'autre part, l'émission de haute fréquence doit être pure, c'est-à-dire autant que possible sans harmoniques, sinon les harmoniques des stations à ondes longues viennent brouiller les émissions des stations à ondes courtes. Par exemple, l'harmonique 6 du poste de la Tour Eiffel $\frac{2650}{6} = 441$ m est très voisin de l'onde d'émission du poste des P.T.T. 458 m.

Pour réaliser cette condition, l'antenne, au lieu d'être intercalée directement dans les circuits générateurs d'oscillations, doit être montée en couplage lâche par induction avec ceux-ci.

3. La valeur des émissions d'une station de radiodiffusion dépend essentiellement du microphone et des appareils d'amplification employés, ainsi que l'organisation de la salle de transmission ou studio.

Les microphones à grenaille de charbon, du type ordinaire, donnent presque toujours un souffle parasite dû à l'instabilité de la résistance de contact de granules de charbon. En outre, la membrane n'est pas apériodique et résonne aux environs de 1000 per : sec, ce qui entraîne un renforcement des harmoniques de cette fréquence et une déformation systématique de la modulation. Aussi les microphones à charbon, qui sont encore couramment employés dans les stations de radiodiffusion, sont-ils construits d'une manière toute spéciale.

Un microphone, construit par la Western Electric C°, en service dans les postes de la Tour Eiffel, des P. T. T., du *Petit Parisien*, etc... comporte deux capsules microphoniques, une de chaque côté de la membrane vibrante. Une des faces, devant laquelle on parle, est plus sensible que l'autre. Dans ces conditions, la grenaille d'une capsule est comprimée, tandis que le jeu se trouve augmenté dans l'autre.

Les déformations dues à la qualité du charbon sont ainsi éliminées par effet différentiel. En outre, la deuxième membrane vibrante est très tendue, de manière à ne résonner que vers 1000 per : sec, c'est-à-dire au delà des fréquences audibles.

Ce microphone est très fidèle, mais laisse subsister un souffle parasite parfois gênant.

On signale aussi un nouveau microphone à charbon en essai dans diverses stations, microphone non différentiel où la pastille est constituée par un mélange de poudre de charbon dont les grains sont de diamètres différents, adaptés aux diverses fréquences, les plus lourds aux fréquences basses, les plus légers aux fréquences élevées.

Ce microphone serait très sensible et ne donnerait pas de bruit de fond.

Bien d'autres types de microphones ont été essayés dont les résultats sont plus ou moins encourageants, sans qu'aucun paraisse jusqu'ici donner entière satisfaction. Il y a là un sérieux progrès à réaliser.

La salle de transmission, ou studio, où sont installés les microphones et les instruments de musique, est, en général, éloignée de la salle d'émission, de manière à éviter les réactions des ondes modulées sur les circuits du microphone et des amplificateurs. Elle doit être spacieuse (9 m sur 5 m au minimum) et aménagée de manière à réduire autant que possible l'effet sur le microphone des réflexions sonores dues aux parois.

Le plafond et les murs devront être tapissés d'étoffe non tendue, suspendue à 10 cm. des parois. Il est bon même de remplir d'étoupe ou de coton l'espace entre l'étoffe et la paroi. Le plancher doit être recouvert d'un tapis assez épais pour étouffer complètement les pas. La porte doit être doublée et capitonnée. En outre, la place du microphone (généralement suspendu à une potence élastique), celle du speaker (à environ 1 m face au microphone), la disposition des instruments de musique et des musiciens dans la salle, doivent-elle être soigneusement étudiées.

Les amplificateurs doivent être installés dans une salle spéciale contiguë au studio et protégée contre les bruits afin d'éviter l'excitation des lampes amplificatrices.

Les mêmes précautions doivent être autant que possible observées lors d'installations dans les salles publiques où l'on tend de plus en plus à aller recueillir, pour les diffuser toutes sortes de manifestations d'intérêt général : concerts, représentations théâtrales, conférences, banquets, réunions sportives, services religieux, etc... Dans chaque cas, le choix et la disposition des microphones ont été étudiés. Dans la transmission d'un opéra, par exemple, on dispose le long de la rampe plusieurs microphones qui sont mis en action progressivement, soit seuls, soit simultanément, par un opérateur artiste connaissant la partition. A. B.

Les ondes courtes et la T.S.F. — Pour avoir de grandes portées en T.S.F., on a cru pendant longtemps qu'il fallait des antennes élevées, de grandes dimensions, permettant de mettre en jeu de grandes puissances, d'où l'impossibilité d'employer des fréquences trop élevées. Les fréquences très élevées, les ondes courtes au-dessous de 100 m, semblaient ne présenter aucun intérêt. Cependant, certains résultats obtenus par des amateurs ont fini par attirer l'attention des praticiens. (Voir l'étude de Jouaust et celle de Mesny : *Bulletin de la Société d'Encouragement à l'Industrie nationale*, juillet, août, septembre 1926).

1. Les ondes de longueur inférieure à 100 m jouissent de propriétés particulières. Ces ondes, qu'on produit très facilement avec des postes à lampes, s'entendent naturellement dans le voisinage immédiat du poste, puis cessent d'être entendues, pour commencer à être perçues de nouveau à des distances considérables. On a pu dire qu'avec des ondes courtes, il était plus facile d'être entendu en Nouvelle Zélande qu'en France.

Et ce n'est plus avec des puissances de l'ordre de quelques centaines de kilowatts que ces résultats sont obtenus, mais avec des puissances de l'ordre de quelques kilowatts. Ainsi, à l'heure actuelle, un poste établi au fort d'Issy assure la liaison avec Djibouti par des ondes de 23 m, avec une puissance de 2,5 kw. On a pu traverser l'Atlantique avec une puissance d'émission de 2 w et il arrive assez fréquemment d'atteindre les antipodes avec une centaine de watts.

Cependant, ce n'est qu'à certaines heures de la nuit que de semblables transmissions peuvent être assurées. Il semble que la lumière solaire ait une grande influence sur la transmission de ces ondes. Cette influence est loin d'être encore parfaitement élucidée ; elle dépend de la longueur d'onde, des conditions météorologiques et de la saison. Avec des ondes voisines de 100 m, il est presque impossible de passer des signaux de jour à quelques centaines de kilomètres, alors que la nuit, l'intensité de la réception est extrêmement forte à plusieurs milliers de kilomètres. Si l'on descend davantage la gamme des ondes, on constate que la propagation de jour devient meilleure sur des ondes de 15 à 30 m, on peut franchir plusieurs milliers de kilomètres en plein jour, avec une puissance de l'ordre de 100 w; avec quelques centaines de watts on peut établir un trafic régulier à 2000 km, dans les mêmes conditions.

Mais, avec les ondes inférieures à une cinquantaine de mètres un phénomène nouveau apparaît, c'est celui des zones de silence. Les émissions que l'on reçoit très fortement à

Digitized by Google

plusieurs milliers de kilomètres sont insoupçonnables à quelques centaines de kilomètres. Les limites supérieures de ces zones de silence sont d'autant plus grandes que l'onde est plus courte.

La propagation, variable avec l'heure du jour, est aussi variable avec la saison : ainsi l'onde de 50 m présente pendant les nuits d'hiver une zone de silence comprise entre 150 et 400 km environ, qui disparaît complètement pendant l'été. Grossièrement, les phénomènes sont déterminés, par la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon.

Il faut signaler également les évanouissements qui affectent particulièrement les ondes de 150 à 400 ou 500 m. La nuit surtout, l'intensité des signaux varie brusquement, la durée des variations étant de l'ordre de quelques minutes ou seulement de quelques secondes. Les affaiblissements peuvent être tels que des signaux très forts disparaissent complètement.

2. Quels sont les avantages réciproques des ondes longues et des ondes courtes?

« A considérer, conclut M. R. Mesny, les merveilles de la propagation de ces dernières, on ne peut s'empêcher de voir dans leur emploi le développement de progrès considérables pour les communications radioélectriques. Quelques kilowatts permettent d'obtenir avec l'Amérique de nuit — et même de jour avec des ondes d'une quinzaine de mètres — des communications aussi bonnes que celles que fournissent les grandes stations de 400 et 500 kw sur ondes longues; l'antenne, au lieu d'être portée sur des pylônes de 200 m de hauteur, n'a le plus souvent besoin que d'un mâtereau de bois d'une quinzaine de mètres; les machines peuvent facilement emprunter leur puissance au secteur voisin.

« A côté de ces avantages qui se chiffrent par des réductions de dépenses pouvant aller de 100 à 1, d'autres sont encore plus séduisants. L'élévation de la fréquence permettra de disposer d'un nombre formidablement accru d'ondes qui sillonneront l'espace sans se brouiller l'une l'autre; la téléphonie ne sera guère plus encombrante, à ce point de vue, que la télégraphie; les atmosphériques apportent beaucoup moins de perturbations aux ondes courtes qu'aux longues, les communications pourront se multiplier dans une proportion dont il est impossible de se faire une idée.

« Cependant des réserves s'imposent, au moins pour l'avenir immédiat. Ces folles envolées des ondes courtes paraissent trop capricieuses pour que, dès demain, on puisse compter uniquement sur elles pour effectuer un trafic permanent et régulier à toute heure de la journée. On ne sait pas encore assez le rôle des saisons et des événements météorologiques pour pouvoir leur confier un service commercial en tous les points du globe, du moins si elles ne sont pas appuyées, dans certaines régions, par de puissantes stations à ondes longues dont la marche régulière est aujourd'hui éprouvée.

« En revanche, les études entreprises de tous côtés doivent être poussées plus vigoureusement que jamais. Déjà, les ondes de 15 à 20 m couvrent de jour des distances énormes; un examen minutieux des propriétés des diverses fréquences permettra sans doute bientôt, moyennant quelques changements d'onde, de réaliser des communications continues pendant la journée entière.

« Et si maintenant on se place au point de vue purement scientifique, l'ensemble de ce que l'on sait déjà sur la propagation, sur les différences tranchées qui existent entre certaines ondes, est un présage que d'importantes découvertes scientifiques sortiront de l'analyse complète des faits observés. Nous avons dans les ondes courtes un excellent moyen, le seul peut-être, d'explorer la haute atmosphère; après nous avoir permis de la comprendre, il nous donnera sûrement la clef de ses mystérieuses variations qui font de la météorologie une science aujourd'hui si confuse ».

A. B.

L'union centrale de l'industrie électrotechnique Allemande. — Le journal de la Société des électrotechniciens autrichiens (*Elektrotechnik und Maschinenbau*, du 15 mai) donne les extraits suivants du rapport de 1925-1926, de l'union centrale (Zentralverband) de l'industrie électrotechnique allemande.

Le nombre des membres de cette union est tombé de 448 en 1924, à 415 en 1925 et à 380 en 1926; le nombre des ouvriers employés par les sociétés faisant partie de l'union, qui était de près de 260 000 en 1925, est tombé à 194 000 en 1926. L'activité de l'union, dans les diverses branches, a été très grande. Les prescriptions générales pour les livraisons de divers genres, qui datent de 1921, ont rendu de grands services et ont pu être complétées après entente avec divers groupes de consommateurs; on s'est aussi occupé de l'unification des cahiers des charges pour les livraisons aux diverses administrations. On a étudié des prescriptions pour les turbines à vapeur, les commutatrices et les transformateurs, au point de vue technique. Les diverses questions ont été étudiées par des commissions spéciales; celle s'occupant des questions intéressant la radiophonie a été particulièrement active.

Ce n'est que depuis 1925 que la construction et le commerce des appareils de radiophonie sont complètement libres; auparavant ils étaient soumis au contrôle de l'administration des postes et télégraphes. Au commencement, la surproduction et le grand nombre des intermédiaires avaient rendu très difficile la situation des constructeurs par suite de l'avilissement des prix, mais vers la fin de 1925, une convention pour l'unification des prix de vente fut conclue. En décembre 1925, fut fondée la Société allemande d'études relatives à la radio, qui s'est plus particulièrement occupée de question de droit.

Le développement de la radiophonie a été très actif en Allemagne: le nombre des postes récepteurs, qui était de 549 000 à la fin de 1924, monta à plus de 1 million à la fin de 1925 et était de 1,26 million au 1er septembre 1926. Il y a actuellement 12 postes d'émission principaux et 9 postes intermédiaires; toutes les sociétés qui s'occupent d'émissions font partie de la société de radiophonique du Reich (Reichs-Rundfunk-Gesellschaft), 65 firmes, occupant 6470 ouvriers, font partie de ce groupe.

L'union centrale s'est occupée de diverses questions de droit, des conditions de livraison, de réparation, ainsi que des expositions; aujourd'hui les sociétés qui sont à la tête de la radiotechnique n'exposent plus qu'à la foire de Liepzig, à l'exposition automobile de Berlin et à la grande exposition de radiophonie. Les questions les plus importantes traitées par l'union se rapportent au commerce d'exportation.

La valeur des exportations pendant les 10 premiers mois de l'année 1926 a été de 375 millions de marks (le mark vaut 1,25 franc or), tandis que pendant la période correspondante de 1924 et 1925 elle avait été respectivement de 524 et 550 millions de marks. Le matériel d'installation représente à peu près 1/5 de cette somme, les câbles et fils isolés, 18,64 pour 100 et les machines, y compris les transformateurs, 15 pour 100.

Les pays dans lesquels l'Allemagne a exporté pour plus de 10 millions de marks de matériel électrique en 1926, sont : le Danemark, la Grande-Bretagne, l'Italie et les Pays-Bas (59 millions de marks); l'Autriche (15 millions); la Pologne, la Russie, la Suède, la Suisse, la Tchecoslovaquie (13,5 millions), le Japon et l'Argentine.

F L.

Digitized by Google

LA TECHNIQUE MODERNE
DES
APPAREILS DE MESURE
POUR
COURANTS ALTERNATIFS

Si les types d'appareils de mesure pour courants alternatifs se sont multipliés au cours des dernières années, il semble que les usagers ont été peu documentés sur les applications particulières de chacun d'eux.

Par éliminations successives, les différents principes de fonctionnement de ces appareils ont été progressivement réduits en nombres. L'article ci-dessous a pour but de les étudier en détail (1).

L'appareil à fer doux y est présenté d'un point de vue nouveau, sous la forme de voltmètres et d'ampèremètres de « précision », dont les erreurs ne dépassent pas 0,1 *pour* 100, *et pouvant être utilisés indistinctement sur courant alternatif ou courant continu.*

L'emploi de condensateurs en série avec des voltmètres électrostatiques pour les mesures des très hautes tensions est examiné, en même temps que les conditions nécessaires à une précision raisonnable.

On y traite également de l'utilisation des appareils à fil chaud, pour les mesures d'intensité, en haute fréquence, jusqu'à des valeurs de 1000 *ampères.*

Il est fait mention des précautions à prendre pour la mesure des courants redressés.

Les transformateurs d'intensité, les enregistreurs, les shunts, etc..., y sont enfin étudiés des points de vue technique et utilitaire.

L'importance croissante des mesures électriques, dans la plupart des industries actuelles, justifie tout l'intérêt que présentent les considérations qui suivent.

Généralités. — Le but du constructeur d'appareils de mesure doit être de livrer sur le marché des instruments pratiques, à tous points de vue, robustes, et suffisamment précis, ce dernier terme étant pris dans son sens le plus large, c'est-à-dire en ce qui concerne l'appareil lui-même aussi bien que les erreurs éventuellement imputables à des usagers manquant d'expérience. Ces exigences se sont accrues avec l'extension industrielle moderne, qui nécessite par ailleurs des appareils de capacité de plus en plus élevée. C'est ainsi que l'on demande aujourd'hui des appareils industriels susceptibles de mesurer des tensions de l'ordre de plusieurs centaines de kilovolts, où des intensités de quelques micro-ampères. Les puissances s'évoluant maintenant en mégawatts, et les fréquences en méga-cycles par seconde.

Fort heureusement pour le constructeur, le nombre des différents types d'appareils tend à diminuer. Les demandes se rassemblent autour des instruments circulaires de 12 à 15 cm de diamètre pour l'industrie, de 15 à 20 cm pour les tableaux, de 10 à 12 pour les panneaux de contrôle où la place est restreinte.

Dans beaucoup de cas, des diamètres de 5 à 7,5 cm, sont suffisants, et joignent des avantages de faibles encombrement et prix de revient.

La construction tend à réduire la main-d'œuvre, par l'emploi de pièces moulées ou fondues, permettant une normalisation facile, et des prix de revient très bas.

Ces pièces peuvent cependant attirer des inconvénients si le zinc ou l'aluminium entrent dans leur préparation.

Le zinc, surtout, est particulièrement instable, et provoque des perturbations, notamment sous les climats tropicaux.

Principes d'utilisation. — Une évolution semblable s'est créée, quant aux principes d'utilisation des différents types d'instruments. Les appareils thermiques, par exemple, très en vogue autrefois, ne sont presque plus employés que pour les mesures à haute fréquence, et encore lorsqu'on ne leur préfère pas l'appareil à cadre avec couple thermo-électrique, qui présente de nombreux avantages. Dans les types à induction, les intégrateurs rendent de grands services; leur succès tient surtout à ce que les couples moteur et résistant s'appliquent au même organe : le disque de rotation; les erreurs de températures sont considérablement diminuées; contrairement à ce qui se produit avec les appareils indicateurs.

Le wattmètre électrodynamique est théoriquement et pratiquement excellent. Par fausse analogie, on en déduit fréquemment que les voltmètres et ampèremètres du même type présentent des qualités équivalentes. C'est là une erreur, car, si l'inductance de la bobine mobile peut être très faible, il n'en est pas de même de celle de la bobine fixe. Dans le cas du wattmètre, la précision dépend presque exclusivement des constantes du circuit de la bobine mobile. Dans le cas des voltmètres et ampèremètres, elle est fixée par celles des bobines fixes et mobiles et, souvent, par un équilibrage très précis de ces constantes. Les appareils à fer mobile ne souffrent pas de ces inconvénients.

Il semble possible de prédire, pour un avenir prochain, l'utilisation suivante des différents types d'appareils de mesure :

QUANTITÉ A MESURER	TYPE D'APPAREIL
Intensité	A fer mobile, avec ou sans transformateur d'intensité.
Faibles tensions	A fer mobile, à connexions directes.
Tensions moyennes	A fer mobile, à travers des transformateurs de tension.
Très hautes tensions	Electrostatiques
Puissance	Electro-dynamique.
Intensité aux fréquences radio-télégraphiques	Thermo-couple ou fil chaud.

(1) *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, juin 1927.

Digitized by Google

Echelles de graduations. — Les échelles de graduations sous un angle de 120° se substituent rapidement avec celles sous 90°, dans les appareils circulaires. Il

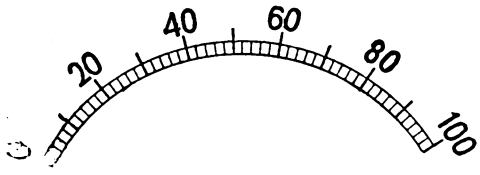


Fig. 1.
Spécimen d'échelle d'appareil à cadre mobile.

convient cependant de ne pas augmenter par ce moyen, les erreurs d'indication plus que la facilité de lecture.

L'échelle de 120° est préférable à celle de 300° des appareils à induction en ce sens que l'effort supporté par

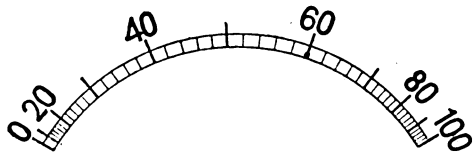


Fig. 2.
Spécimen d'échelle d'appareil à fer doux.

le ressort antagoniste est moindre. Cet effort, est proportionnel à l'angle de rotation, en sorte que, pour une grande déviation, il doit être plus faible ; il en résulte de plus grandes difficultés de construction.

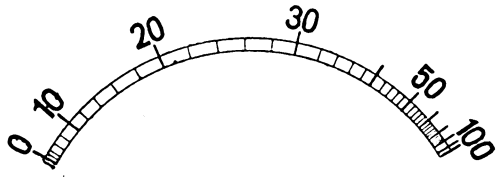


Fig. 3.
Spécimen d'échelle d'ampèremètre à fer doux spécialement étudié pour avoir la meilleure lecture dans une région déterminée.

On a beaucoup travaillé les échelles à graduations appropriées à des services spéciaux. Les figures 1 à 5 en donnent des exemples. La dernière s'applique particulièrement aux appareils de laboratoire et les travaux de mesures, en général.

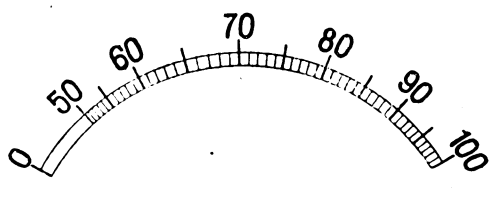


Fig. 4.
Spécimen d'échelle de voltmètre à fer doux spécialement étudié pour donner le maximum de sensibilité dans la région normale.

Forces agissantes. — Les instruments de mesure doivent répondre à des conditions de robustesse et de sensibilité contradictoires. Plus l'équipage mobile est léger, moins l'appareil est fragile. On estima longtemps, à cet égard, que le critérium de qualité pouvait être donné par le rapport du couple C correspondant à une certaine élongation, au poids P de l'équipage mobile. L'expérience a cependant montré que ce rapport est plus faible avec des organes mobiles légers qu'avec de plus lourds. On admet, en fait, que la condition optima peut être donnée par l'expression $\frac{C}{P^n}$, la valeur à attribuer à l'exposant n différait suivant les avis.

M. Fichter[1] trouve, par le calcul appuyé d'expériences sur les intégrateurs, la relation suivante :

$$\text{Couple de friction} = K f P r$$

où f est le coefficient de friction, P, le poids sur le pivot, r le rayon effectif sur lequel on peut considérer la force comme appliquée, et K une constante. Plus le poids est léger, plus le point de pivotement peut être aplani, en sorte que r est augmenté. Hertz et d'autres s'accordent

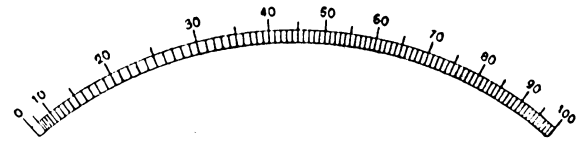


Fig. 5.
Spécimen d'échelle d'appareil à fer doux type de précision.

pour rendre r proportionnel à la racine cubique de P, auquel cas on obtient :

$$\text{Couple de friction} = K f P P^{1/3} = K f P^{1,33}.$$

Sur ces données, la condition optima annoncée plus haut, devient $\frac{C}{P^{1,33}}$. De nombreuses compétences ont adopté $\frac{C}{P^{1,33}}$ à la suite d'expériences. Il est intéressant de confirmer pratiquement d'aussi près un résultat théorique.

L'expérience a également montré que le rapport $\frac{C}{P^{1,5}}$ ne doit pas être inférieur à 0,0004, lorsque C est exprimé en gr : cm. par degré de déviation et P en grammes.

Il est utile de s'arrêter, en passant, à l'opinion fréquemment admise que la dilatation d'un ressort soumis à une élévation de température peut entraîner une déviation de l'aiguille indicatrice. Le coefficient de dilatation du bronze phosphoreux (généralement adopté par la fabrication des spiraux) est d'environ 0,0018 pour 100 par degré C. Un ressort de 500 mm de longueur subissant une élévation de température de 20° C. s'allongera donc de $500 \times 20 \times 0{,}000018 = 0{,}108$ mm.

Si l'aiguille est partagée par le pivot au 1/11 de sa longueur totale entre l'extrémité libre indicatrice et le point d'attache au ressort, elle accusera une déviation maxima de $10 \times 0{,}108 = 1{,}08$ mm.

(1) *Revue générale de l'Electricité*. Volume 15, 1924.

Digitized by Google

On peut obvier à cet inconvénient en utilisant deux ressorts travaillant en sens inverse l'un de l'autre.

Le seul effet de dilatation ne suffirait d'ailleurs pas à expliquer un mouvement tangentiel de l'extrémité libre du ressort; la dilatation s'effectue en effet, radialement autour du centre géométrique d'une pièce mécanique.

Si l'on considère, par exemple, un ressort en hélice, une élévation de température provoquera un allongement radial, mais non pas tangentiel.

En outre, l'allongement tangentiel possible sur un ressort spiral est négligeable en regard des jeux sur le pivot. Il semble plus logique d'admettre que le mouvement constaté, s'il existe, provient de l'hétérogénéité de dilatation produite sur toute la longueur du ressort où l'état moléculaire n'est plus constant, du fait du travail auquel a été soumis le métal. Il se produit alors des torsions irrégulières dans le plan du ressort, qui ne peuvent même pas être annulées complètement par l'emploi de deux ressorts opposés, mais seulement par une fabrication très soignée de ces pièces délicates.

L'emploi de deux ressorts voudrait se justifier par le fait que si leurs couples baissent, à tous deux, il n'en résulte pas d'erreur. Mais il est impossible d'admettre que leurs variations de couple seront identiques, en sorte qu'il est plus simple de n'utiliser qu'un seul ressort dont les variations peuvent être compensées par une vis de réglage ménagée à cet effet.

Isolement. — Il semblerait logique que l'isolement des appareils de mesure soit proportionnel aux tensions auxquelles ils sont destinés. Cependant, pour simplifier les réglementations à cet égard, certains pays ont adopté des échelles par échelons plus ou moins longs.

Les réglementations anglaises prévoient une résistance d'isolement minima de 10 megohms, par rapport à la terre, et de 5 megohms entre les enroulements à fil fin et à fil gros des wattmètres.

D'ailleurs, des essais d'isolement ou de résistance au claquage ne peuvent en rien témoigner de la sécurité des appareils contre les surtensions. Ces essais sont en effet très arbitraires et hazardeux. Mieux vaudrait mesurer les pertes dissipées dans l'isolant sous l'influence de hautes tensions.

Perfectionnements aux voltmètres et ampèremètres à fer mobile. — Convenablement étudiés, les appareils à fer mobile peuvent assurer une précision égale, sinon supérieure à celle des électro-dynamomètres; ils offrent, en outre, l'avantage de pouvoir être utilisés indifféremment sur courant alternatif ou sur courant continu.

Caractéristiques générales. — Il convient d'abord de se prononcer en faveur de l'un des deux principes du fer simple, ou du fer double. On admet généralement que le fer double fournit un couple plus élevé, pour une dépense de puissance déterminée; mais, dans l'esprit de l'auteur, ce ne serait là qu'une illusion. Dans tous les cas, il a été constaté que pour un couple donné, la consommation en volts-ampères pouvait être rendue plus faible avec le fer simple par la réduction de la longueur moyenne de chaque spire. Pour cette raison, ajoutée à d'autres, il a été décidé d'adopter le principe du fer simple, de forme presque circulaire, pivotant de telle façon qu'il soit entraîné dans une encoche étroite au centre d'un enroulement ovalisé, comme l'indique schématiquement la figure 6.

C'est un fait connu, que, dans un voltmètre électrostatique, la variation de capacité qui suit la palette mobile dans son déplacement fournit une appréciation du couple. Drysdale et Joley ont montré que la variation de self-inductance d'un appareil à fer mobile donne la même

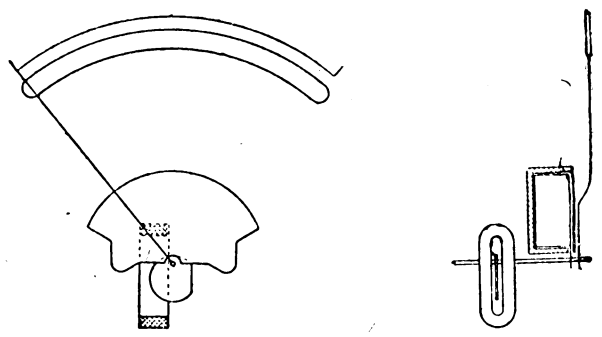


Fig. 6.

Mécanisme d'un appareil à fer doux de précision.

mesure, et, toutes choses restant égales d'ailleurs, témoigne en outre de l'habileté du constructeur.

Il a été trouvé qu'avec un fer simple, dans une bobine plate, la variation relative de self-inductance pouvait être accrue, et le produit LI^2 réduit davantage que dans tout autre genre de mouvement.

Les formes de la bobine, et du fer ayant été adoptées, il convient d'en déterminer les dimensions. Il est évident qu'en réduisant celles de l'enroulement, on augmente la consommation nécessaire à la production d'un nombre d'ampères-tours déterminé, mais que, d'autre part, chaque spire étant plus rapprochée du fer, on augmente également le couple. L'expérience a montré que ces deux effets s'équilibrent réciproquement dans des limites assez larges pour que l'on puisse admettre que, pour une dépense d'énergie donnée, le couple est indépendant des dimensions de l'enroulement. D'autre part, une petite bobine est avantageuse à plusieurs points de vue, notamment en ce qui touche sa faible self-inductance pour un nombre d'ampère-tours déterminés,

La relation fondamentale entre le couple et le courant d'excitation d'un appareil à fer mobile est, comme pour tous les voltmètres et ampèremètres à courant alternatif suivant la loi du carré; mais les graduations qui en résultent sont très incommodes dans la pratique. Par un profilage convenable du disque et en profitant de la distorsion du champ issu d'un solénoïde court, on peut aboutir à des échelles du type de celle de la figure 5 qui,

Digitized by Google

à l'exception du 1/10 de la graduation à partir de l'origine, présente des lectures régulièrement espacées.

Densité de flux. — La pratique a introduit à cet égard plusieurs opinions qui s'encadrent entre 500 et 5000 gauss dans le fer.

A première vue, on serait tenté d'augmenter le volume du fer pour accroître les forces actives. Mais le gain est insignifiant comparé à l'augmentation de poids résultante, car la réluctance du fer reste toujours faible comparée à celle du circuit magnétique total. La plus grosse partie de la réluctance totale est localisée au voisinage des bords du fer, en des points où la densité du flux dans l'air est considérable. Partant de cette remarque, il est possible d'accroître le couple, dans une proportion atteignant jusqu'à 25 pour 100 en « épanouissant » le fer sur ses bords, de telle façon qu'il offre une plus grande surface de passage aux lignes de force qui le quittent pour pénétrer dans l'air. Il semble probable que toute augmentation du couple, obtenue à la suite d'une augmentation du fer est due à cette cause très nette.

On constate que les appareils à fer mobile travaillant sous de faibles densités de flux (de l'ordre de 500 gauss) donnent invariablement des lectures en courant alternatif plus élevées qu'en courant continu, et particulièrement vers le haut de leur échelle. Des recherches à ce sujet ont montré que le phénomène était dû à la forme de la courbe de magnétisme $\frac{\mathfrak{B}}{\mathfrak{JC}}$ du fer utilisé et à ce qu'un courant alternatif d'intensité efficace déterminée donne lieu à des points de valeurs instantanés maxima qui déplacent le point de perméabilité du métal.

Il était intéressant de connaître si la nature pulsatoire du courant alternatif n'entrait pas en ligne de compte. A cet effet, en connectant en série, un ampèremètre à fer mobile travaillant à faible densité de flux et un ampèremètre reconnu exact sur courants alternatifs ou continu, on a relevé les chiffres du tableau I ci-dessous correspondant à des valeurs moyennes d'intensités identiques.

Tableau I.

NATURE du courant.	INDICATIONS de l'appareil à fer mobile.
Continu	Correctes.
Continu, alternativement inversé. .	Correctes.
Alternatif sinusoïdal.	1 pour 100 plus élevées.
Alternatif redressé totalement. . .	1 pour 100 plus élevées.

On constate bien que les lectures sont correctes avec des ondes d'intensité à sommets plats, et qu'elles sont faussées par les ordonnées maxima des sinusoïdes qui modifient la perméabilité du fer.

Ces considérations montrent l'inconvénient des intensités de flux trop faibles. Mais il est évident qu'il existe une limite supérieure, au delà de laquelle le rapport $\frac{\mathfrak{B}}{\mathfrak{JC}}$ devient constant jusqu'à rencontrer le second coude de la courbe d'aimantation.

Une densité de flux de l'ordre de 2000 gauss semble donc indiquée.

Hystérésis et courant alternatif. — L'hystérésis introduit un déphasage entre la force magnétisante produisant le flux dans le fer, et le flux lui-même; or, comme le couple est une fonction du produit de ces deux facteurs, il devient proportionnel à $\mathfrak{B}\mathfrak{JC}\cos\theta$, θ étant l'angle d'hystérésis.

Une mesure directe de cet angle a été effectué avec la même bobine et le même fer « stalloy » ayant donné les résultats du tableau I. Les résultats suivants ont été relevés :

Tableau II.

1 FORCE magnétisante. $\mathfrak{JC}$	2 DENSITÉ DE FLUX (valeur moyenne) au centre du disque de fer. $\mathfrak{B}$	3 ANGLE D'HYSTÉRÉSIS magnétique. θ,
Ampères-Tours.	Gauss.	Minutes.
56	620	44
84	1 000	37
112	1 360	35
140	1 690	34
169	2 050	33
196	2 380	31
251	2 890	29
280	3 410	27
540	6 570	24
920	10 209	21

Si l'on choisit l'exemple d'une densité de flux correspondant à l'élongation totale de l'appareil ($\mathfrak{B} = 2050$); l'angle de déphasage de 33 minutes introduit dans la lecture une erreur par défaut de : $(1 - \cos\theta)\,110 = 0{,}005$ pour 100 qui est absolument négligeable.

Cette erreur est si faible, contrairement à l'opinion générale établie à ce sujet, qu'il a semblé utile de contrôler par un calcul tiré des caractéristiques du fer, sa valeur de 33 minutes. On se souvient que la variation de self-inductance du fer pendant son mouvement fournit une évaluation du couple de l'instrument de mesure. Un raisonnement analogue mène à la conclusion que l'angle de déphasage du flux sur la force magnétisante peut être tiré de la connaissance des pertes par hystérésis comparativement à celles emmagasinées dans le champ magnétique.

Dans un électrodynamomètre sans fer, c'est-à-dire, net de toute erreur due aux courants de Foucault, la totalité de l'énergie en suspens dans le champ est restituée sans pertes et le flux induit par la bobine fixe traverse la bobine mobile sans déphasage. Avec un appareil à fer mobile, le flux induit par la bobine fixe subit un retard θ dû à l'hystérésis, en passant dans le fer; en sorte que l'on peut écrire $\operatorname{tg}\theta = \frac{\text{Pertes d'énergie dans le fer.}}{\text{Énergie emmagasinée grâce au fer.}}$.

Calculé de cette façon, l'angle θ équivaut à 36 minutes,

Digitized by Google

contre 53 trouvées expérimentalement sur l'appareil étudié.

L'énergie emmagasinée varie comme la seconde puissance de l'intensité et les pertes dans le fer comme la puissance 1,7 de ℬ; en sorte que, ℬ étant à peu près proportionnel à l'intensité on obtient :

$$\operatorname{tg} 0 = \frac{\text{Énergie perdue}}{\text{Énergie emmagasinée}} = k\frac{\mathcal{B}^{1.7}}{\mathcal{B}^{2}} = k\,\mathcal{B}^{-0.3}.$$

Cette expression montre la diminution de 0 avec l'augmentation de la dessité de flux. Tangente 0 de la colonne 5, tableau II exprimé en fonction de ℬ, colonne 2, fournit la même relation-logarithmique.

Influence des courants de Foucault. — Puisque le phénomène d'hystérésis n'introduit pas d'erreur sensible, la cause des différences incontestables entre les lectures sur courants alternatifs et continus, faites avec les ampèremètres à fer mobile, doit être recherchée ailleurs. Au moyen de circuits de mesure convenablement disposés et très ingénieux, on peut constater que des erreurs relativement importantes sont dues, sans aucun doute, à ce que le flux émerge du fer, en jet, avec une densité élevée sous une forme très favorable à la production de courants de Foucault. C'est ainsi que sur un ampèremètre dont le fer fixe était monté à l'intérieur d'une cage de laiton très mince on constatait des erreurs de 3 pour 100 à la fréquence 650 per : sec. La cage ayant été retirée, les erreurs baissèrent aussitôt à moins de 5 pour 100.

Comme conclusion des travaux effectués à ce sujet, on peut affirmer sans crainte que l'attention des constructeurs doit être attirée vers la suppression des courants de Foucault plutôt que vers celle de l'hystérésis, pour obtenir des appareils de mesure à courant alternatif précis.

Hystérésis et courant continu. — On sait que pour les mesures en courant continu, le phénomène d'hystérésis se manifeste dans deux cas :

1° Il sollicite l'appareil vers des indications trop faibles lors des accroissements d'intensité et *vice versa*;

2° Il retarde les indications quand le fer se déplace d'une position inférieure vers une position supérieure sur l'échelle de graduation et *vice versa*.

Ces erreurs peuvent être combattues en maintenant une faible densité de flux dans le fer, mais pour les raisons précédemment exposées, on ne peut avancer dans cette voie que vers un compromis si l'appareil doit pouvoir être également utilisé sur courant alternatif.

Un choix convenable du fer, joint à un traitement thermique approprié sont les meilleurs remèdes à ces points faibles.

Ampèremètre à plusieurs sensibilités. — L'étude d'un ampèremètre à plusieurs échelles de lectures présente de nombreuses difficultés. Aujourd'hui où la technique des transformateurs d'intensité est parfaitement au point, la meilleure solution consiste à employer ces appareils à plusieurs prises, à moins que l'on désire se réserver la possibilité d'effectuer des mesures en courant continu. On peut obtenir un nombre limité de sensibilités en divisant la bobine en différentes sections que l'on connecte soit en série, soit en parallèle. On obtient ainsi des rapports de 1 à 2 ou 1 à 4.

La self-inductance d'un ampèremètre est cependant trop faible pour permettre d'accroître le nombre des sensibilités possibles au moyen de shunts, sans atteindre la précision des lectures. Le déphasage entre l'intensité dans le shunt et sa tension aux bornes est extrêmement faible (erreur de lecture d'environ 0,05 pour 100 par un shunt de 10 ampères).

Il reste les causes d'erreurs possibles dues aux résistances de contact dans les connexions entre le shunt et l'ampèremètre; elles peuvent être considérables pour des contacts faibles ou poussiéreux. La forme adoptée pour ces contacts importe peu. (Variations de lecture de 0,05 pour 100 pour différents types).

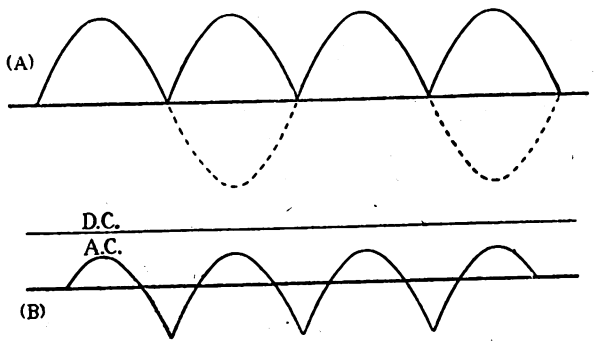


Fig. 7.

Courbes du courant redressé montrant sa composante alternative et sa composante de courant continu.

Il n'est pas recommandable de travailler avec un shunt sur un ampèremètre électro-dynamique en raison de sa self-inductance élevée; une combinaison de branchements série parallèle convient mieux; mais la constante de temps de la bobine fixe se trouve modifiée, en sorte que les lectures en courant alternatif et en courant continu diffèrent.

Mesures de courant redressé. — L'emploi du courant alternatif redressé est aujourd'hui si fréquent que les mesures qui s'y rapportent présentent un intérêt incontestable.

Il est imprudent d'affirmer qu'un courant redressé, parce qu'il est unidirectionnel, peut être traité comme un courant continu. La figure 7 montre, en A, une onde sinusoïdale redressée, et, en B, la même onde, avec ses composantes directe et alternative. Il est évident qu'un ampèremètre à fer mobile et aimant permanent ne sera influencé que par la composante directe; il donnera donc la valeur moyenne de l'onde. Un ampèremètre du type à induction, au contraire, subira l'action de la composante alternative, en restant presque insensible à

Digitized by Google

l'autre. Un ampèremètre électrodynamique ou à fer mobile fourniront la valeur efficace de l'onde totale.

En réalité, le type d'appareil à choisir dépend de la forme de l'onde à mesurer. Deux cas très fréquents sont ceux de la charge d'accumulateurs, et de l'alimentation d'une lampe de projection. Dans le premier, l'action chimique est directement proportionnelle à l'intensité du courant continu absorbé, en sorte que l'emploi d'un ampèremètre à cadre semble indiqué; dans le second, la chaleur et la lumière dégagées sont fonction du carré de l'intensité, sinon d'une puissance plus élevée de celle-ci; des résultats plus logiques seront donc fournis par un ampèremètre à fer mobile.

L'électrolyse et le moteur shunt à courant continu rentrent également dans le premier cas.

Un ampèremètre à cadre mis en série avec un ampèremètre à fer dans un circuit parcouru par du courant redressé donneront des indications différentes; et d'autant plus différentes que les sommets d'ondulation seront plus accentués. En fait, le rapport de leurs dérivations doit être égal au facteur de forme de l'onde, c'est-à-dire au rapport $\frac{\text{I efficace}}{\text{I moyen}}$. Le facteur de forme d'une onde sinusoïdale parfaite étant 1,11, les indications de l'appareil à fer seront de 11 pour 100 plus élevées que celles de l'appareil à cadre. Sous une onde à sommets plats, leurs lectures sont identiques. En général, le facteur de forme d'une onde redressée est inférieur à celui d'une sinusoïde et les différences entre les deux types d'ampèremètre ne dépassent pas 3 à 5 pour 100.

Les demi-amplitudes négatives de la figure 7 sont égales à la composante positive du courant continu. En général, elles leur sont très inférieures (cas du courant triphasé redressé), en sorte que l'onde redressée ne retombe jamais à une valeur nulle.

Dans certains cas, au contraire, la composante alternative est si importante, que le courant redressé n'est plus constamment de même sens comme par exemple, dans le secondaire d'une bobine d'induction.

Dans tous les cas, l'ampèremètre à cadre mesure la valeur moyenne (dans le dernier cas, la moyenne positive seulement), tandis que l'ampèremètre à fer indique la somme des valeurs efficaces négatives et positives.

Toutes choses considérées, l'appareil à cadre doit être préféré à tout autre, pour la mesure des courants redressés dans les conditions normales.

Il est à remarquer en outre, dans ce dernier cas, que la déformation de la courbe intervient beaucoup dans la valeur des indications des différents appareils; on ne saurait trop faire de réserves de ce côté-là, notamment avec les courants fournis par les redresseurs à mercure.

(*A suivre.*) J. M.

LA CONCENTRATION DES IONS HYDROGÈNE

(*Suite et fin*[1].)

II. — Les équilibres dans les solutions électrolytiques.

Réactions totales et réactions limitées. — Les réactions qu'étudie le chimiste peuvent être totales ou au contraire limitées par la réaction inverse.

Dans le premier cas la réaction se produit tant qu'il reste en présence une partie, si faible soit-elle, de chacun des corps susceptibles de réagir. Ainsi l'action de l'acide chlorhydrique sur le zinc se poursuit tant qu'il reste de l'acide chlorhydrique et du zinc.

Mais il n'en est pas toujours ainsi. C'est ce que Berthelot et Péan de Saint-Gilles ont constaté les premiers sur les phénomènes d'éthérification. Mettons en présence une molécule-gramme de benzoate d'éthyle et une molécule-gramme d'eau; il se forme par saponification de l'acide benzoïque et de l'alcool éthylique. Mais la réaction ne se poursuit pas jusqu'à disparition totale du benzoate d'éthyle et de l'eau. Lorsqu'elle s'arrête, il reste 0,664 molécule-gramme d'éther et 0,664 molécule-gramme d'eau. Inversement, si l'on mélange de l'acide benzoïque et de l'alcool éthylique, il se forme par éthérification du benzoate d'éthyle et de l'eau. Mais, là non plus, la réaction n'est pas totale. Lorsqu'elle s'arrête, il reste encore 0,336 molécule-gramme d'acide et 0,336 molécule-gramme d'alcool non combinés, et il s'est formé 0,664 molécule-gramme de benzoate d'éthyle et 0,664 molécule-gramme d'eau. Ainsi les deux réactions inverses l'une de l'autre, saponification et éthérification, se limitent mutuellement et finissent par fournir un système en équilibre où il y a en présence de l'éther, de l'eau, de l'acide, de l'alcool. C'est ce qu'on traduit par l'équation :

$$\underset{\text{benzoate d'éthyle}}{C^6H^5-CO^2C^2H^5} + H^2O \rightleftarrows \underset{\text{eau}}{} C^6H^5CO^2H + \underset{\text{alcool}}{C^2H^5OH} \quad (1)$$

les flèches indiquant que, suivant les conditions, la réaction peut se produire dans un sens ou dans l'autre.

De même, à température élevée, la vapeur d'eau se dissocie partiellement en hydrogène et oxygène; l'hydrogène et l'oxygène se combinent partiellement pour donner de la vapeur d'eau. Ces deux réactions se limitent mutuellement. Un système renfermant de la vapeur d'eau, de l'hydrogène et de l'oxygène, finit par atteindre un état d'équilibre, ce qu'on représente par l'équation :

$$H^2O \rightleftarrows H^2 + O$$

ou en exprimant la réaction en molécules, ce qui facilitera la traduction de la loi d'action de masse que nous énoncerons bientôt :

$$2H^2O \rightleftarrows 2H^2 + O^2 \quad (2)$$

[1] Voy. *L'Industrie électrique* du 10 août 1927, page 341.

Digitized by Google

En réalité dans chacun des exemples précédents, l'équilibre que l'on constate ne signifie pas que le système est le siège d'aucune transformation. C'est un équilibre *mobile* ou *statistique*. En un temps donné il se forme autant de molécules d'acide et d'alcool par réaction de l'éther et de l'eau qu'il s'en détruit pour donner de l'éther et de l'eau. De même, il se forme autant de molécules d'eau par combinaison d'hydrogène et d'oxygène qu'il s'en détruit pour donner ces éléments.

Loi d'action des masses. — La loi d'action des masses s'applique aux équilibres chimiques entre corps dissous ou gazeux qui se présentent comme la limite commune de deux réactions inverses l'une de l'autre. Elle devrait plutôt s'appeler loi d'action des concentrations, car elle fait intervenir les concentrations des corps dissous ou gazeux, exprimées en nombre de molécules-grammes par litre.

Considérons par exemple un système contenant du benzoate d'éthyle, de l'eau, de l'acide benzoïque, de l'alcool éthylique. Ce système parvient à un état d'équilibre que traduit l'équation (1). Dans ce système en équilibre, les divers corps possèdent des concentrations que nous désignerons par :

c_1 pour le benzoate d'éthyle,
c_2 — l'eau,
c'_1 — l'acide benzoïque,
c'_2 — l'alcool éthylique.

Entre ces concentrations existe la relation simple suivante :

$$\frac{c'_1 \times c'_2}{c_1 \times c_2} = K. \qquad (3)$$

La constante K caractérise la relation considérée et ne dépend que de la température. Ainsi la température étant fixée et invariable, si on met en présence des quantités quelconques de benzoate d'éthyle, d'eau, d'acide benzoïque, d'alcool éthylique, une réaction se produit entre toutes ces substances. Lorsqu'elle est terminée, les concentrations c_1, c_2, c'_1, c'_2 que possèdent alors les divers constituants sont liées par la relation (3). Si, à ce moment, on ajoute au mélange une nouvelle quantité de l'un des constituants, par exemple de l'acide benzoïque, une réaction se produit qui modifie les diverses concentrations; quand elle est terminée, les concentrations, que nous désignons par x_1, x_2, x'_1, x'_2, obéissent encore à la relation :

$$\frac{x'_1 \times x'_2}{x_1 \times x_2} = K.$$

L'équation (3) traduit ce qu'on appelle la loi d'action des masses. Établie par Guldberg et Waage, elle montre que les concentrations des divers constituants du mélange, exprimées en molécule-gramme par litre, jouent le rôle de masses actives dans l'établissement de l'équilibre. Si l'on augmente l'une d'elles, l'équilibre est détruit jusqu'à ce que les diverses concentrations aient pris des valeurs satisfaisant à la condition qui traduit la loi d'action des masses.

Considérons de même un système renfermant de la vapeur d'eau, de l'hydrogène, de l'oxygène, dont l'équilibre est traduit par l'équation (2). Désignons par c_1 la concentration de la vapeur d'eau, par c'_1 celle de l'hydrogène et c'_2 celle de l'oxygène. La réaction qui peut se produire entre les divers constituants met en jeu deux molécules d'eau, deux molécules d'hydrogène et une molécule d'oxygène. Dans la relation qui traduit la loi d'action des masses, les concentrations de l'eau et de l'hydrogène interviendront par leur carré, celle de l'oxygène par sa première puissance. Cette relation est :

$$\frac{c'^2_1 \times c'_2}{c^2_1} = K,$$

la constante K ne dépendant que de la température.

D'une façon générale, considérons un équilibre se produisant entre les constituants $A_1, A_2 \ldots, A'_1, A'_2 \ldots$, entre lesquels peut se produire une réaction limitée traduite par l'équation :

$$n_1 A_1 + n_2 A_2 + \ldots \rightleftarrows n'_1 A'_1 + n'_2 A'_2 + \ldots \qquad (4)$$

Désignons par c_1, $c_2 \ldots$ c'_1, $c'_2 \ldots$ les concentrations respectives des constituants $A_1, A_2 \ldots A'_1, A'_2 \ldots$, lorsque l'équilibre est réalisé. La loi d'action des masses indique qu'entre ces diverses concentrations existent la relation :

$$\frac{c'^{n'_1}_1 \cdot c'^{n'_2}_2 \ldots}{c^{n_1}_1 \cdot c^{n_2}_2 \ldots} = K, \qquad (5)$$

la constante K ne dépendant que de la température.

Application de la loi d'action des masses à la dissociation électrolytique. — Dans une solution électrolytique, il s'établit entre les molécules non dissociées et les ions un équilibre auquel s'applique la loi d'action des masses.

Considérons par exemple une solution de sel marin. La dissociation des molécules NaCl donne des ions Na^+ et Cl^-. L'équilibre entre les molécules neutres et les ions que renferme la solution peut être représenté par l'équation :

$$NaCl \rightleftarrows Na^+ + Cl^-. \qquad (6)$$

Désignons par c_1 la concentration de NaCl (nombre de molécules-grammes de chlorure de sodium par litre), par c'_1, c'_2, les concentrations de Na^+ et de Cl^- (nombre d'ions-grammes de Na^+ et de Cl^- par litre).

Quand l'équilibre est réalisé, entre ces diverses concentrations existe la relation :

$$\frac{c'_1 \cdot c'_2}{c_1} = K \qquad (7)$$

K ne dépendant que de la température. Pour simplifier les notations, on désigne souvent les concentrations par [ ] comprenant la formule de la molécule ou le symbole de l'ion considéré. On désigne ainsi par [NaCl] la

Digitized by Google

concentration de NaCl, par $[Na^-]$ celle de l'ion Na^+, par $[Cl^-]$ celle de l'ion Cl^-. L'équation (7) se traduit ainsi :

$$\frac{[Na^-]\cdot[Cl^-]}{[NaCl]} = K. \qquad (7\ bis)$$

Toutes les fois que dans une solution se trouveront en présence des molécules NaCl, des ions Na^+ et des ions Cl^-, quelle que soit l'origine de ces molécules et de ces ions, leurs concentrations obéiront à la relation (7 *bis*).

De même, considérons une solution de sulfate de soude. Elle comprend des molécules SO^4Na^2, des ions SO^4 bivalents portant deux charges négatives qu'on désigne par $SO^{4=}$ et des ions Na^-. L'équilibre qui s'établit peut être représenté par l'équation :

$$SO^4Na^2 \rightleftarrows SO^{4=} + 2\,Na^- \qquad (8)$$

Désignons par c_1, c'_1 et c'_2 les concentrations que possèdent respectivement dans la solution SO^4Na^2, $SO^{4=}$ et Na^-. Entre ces concentrations existent la relation :

$$\frac{c'_1\cdot c'^2_2}{c_1} = K, \qquad (9)$$

ce qu'on peut écrire également :

$$\frac{[SO^{4=}]\cdot[Na^-]^2}{[SO^4Na^2]} = K, \qquad (9\ bis)$$

la constante K ne dépendant que de la température.

Toutes les fois que dans une solution se trouveront en présence des molécules SO^4Na^2, des ions $SO^{4=}$ et des ions Na^-, quelle que soit l'origine de ces molécules et de ces ions, leurs concentrations obéiront à la relation (9 *bis*).

Dissociation de l'eau pure. — L'eau est un très mauvais conducteur, mais non pas un isolant parfait. Les valeurs que fournit la mesure de sa conductibilité électrique sont de plus en plus faibles à mesure qu'elle est plus pure, mais elles tendent vers une limite. C'est ce que montrent les nombres suivants :

Eau d'alimentation	150	à 250	10^{-6} mho : cm	
Eau distillée sans précautions. . .	10	à 15	—	—
Eau distillée dans le vide (verre). .	4	à 6	—	—
— — — (étain). .	1	à 2	—	—
— — — (quartz).	0,2	à 0,5	—	—
Eau ultra pure de Washburn. . .	0,05	à 0,08	—	—

L'eau pure, très peu conductrice, est très peu dissociée en ions. Cette dissociation donnant les ions H^- et OH^- se traduit par l'équation d'équilibre :

$$H^2O \rightleftarrows H^- + OH^- \qquad (10)$$

Entre les concentrations de H^2O, H^- et OH^- doit exister la relation :

$$\frac{[H^-]\cdot[OH^-]}{[H^2O]} = C \qquad (11)$$

la constante C ne dépendant que de la température.

Le nombre des ions H^- et OH^- étant toujours extrêmement petit vis-à-vis du nombre des molécules H^2O, la concentration de ces molécules peut être considérée comme pratiquement constante (dans un litre le nombre de molécules-grammes d'eau sera toujours pratiquement égal à $\frac{1000}{18} = 55{,}55$).

L'équation (11) peut s'écrire

$$[H^-]\,.\,[OH^-] = C\,[H^2O].$$

Le terme $[H^2O]$ étant constant, le produit $C\,[H^2O]$ constitue une nouvelle constante que nous désignerons par K_e.

D'où l'équation très importante :

$$[H^-]\ \ [OH^-] = K_e \qquad (12)$$

K_e ne dépendant que de la température.

Toutes les fois qu'au sein de l'eau les ions H^- et OH^- sont en présence, quelle que soit leur origine, le produit de leur concentration satisfait à l'équation (12).

A la température de 25° C. la constante K_e a pour valeur 10^{-14}.

Cette valeur varie beaucoup avec la température comme l'indiquent les nombres suivants obtenus par Michaelis.

T	Ke
18°	$0{,}71\,.\,10^{-14}$
25°	1,27
35°	2,71
37°	3,13
40°	3.80

Dans dix millions de litres d'eau il y a approximativement une molécule-gramme d'eau dissociée, soit 1 gr d'ion H^- et 17 gr d'ions OH^-.

Solutions neutres. Solutions acides, Solutions basiques. — 1. Dans l'eau parfaitement pure qui se dissocie suivant l'équation (10), chaque molécule d'eau donnant naissance à un ion H^- et un ion OH^-, les concentrations de ces ions sont égales :

$$[H^-] = [OH^-].$$

L'équation (12) devient :

$$[H^-]^2 = [OH^-]^2 = 10^{-14}$$

d'où :

$$[H^-] = [OH^-] = 10^{-7}.$$

2. La dissociation d'un acide donne toujours des ions H^-. Exemples :

$$H\,Cl \rightleftarrows H^- + Cl^-$$
$$H^2SO^4 \rightleftarrows 2H^- + SO^{4=}$$
$$H\,NO^3 \rightleftarrows H^- + NO^{3-}$$

soit d'une façon générale :

$$HA \rightleftarrows H^- + A^- \qquad (13)$$

La présence d'un acide dans une solution aqueuse a pour effet d'introduire des ions H^- qui s'ajoutent à ceux que fournit la dissociation de l'eau. Dans une solution acide la concentration des ions H^- est donc supérieure

Digitized by Google

à 10^{-7}. Corrélativement, comme en présence d'eau le produit des concentrations des ions H^+ et des ions OH^- est toujours égal à 10^{-14}, il en résulte que la concentration des ions OH^- est inférieure à 10^{-7}.

3° La dissociation d'une base donne toujours des ions OH^-. Exemples :

$$NaOH \rightleftarrows Na^+ + OH^-$$
$$Ca(OH)^2 \rightleftarrows Ca^{++} + 2OH^-$$
$$NH^4OH \rightleftarrows NH^{4+} + OH^-.$$

Soit d'une façon générale :

$$BOH \rightleftarrows B^+ + OH^- \qquad (14)$$

La présence d'une base dans une solution aqueuse a pour effet d'introduire des ions OH^- qui s'ajoutent à ceux que fournit la dissociation de l'eau. Dans une solution basique, la concentration des ions OH^- est donc supérieure à 10^{-7}. Corrélativement, comme en présence d'eau le produit des concentrations des ions H^+ et des ions OH^- est toujours égal à 10^{-14}, il en résulte que la concentration des ions H^+ est inférieure à 10^{-7}.

Le tableau suivant résume la discussion précédente :

	CONCENTRATION des ions H^+.	CONCENTRATION des ions OH^-.
Solution neutre . .	10^{-7}	10^{-7}
Solution acide. . .	$> 10^{-7}$	$< 10^{-7}$
Solution basique. .	$< 10^{-7}$	$> 10^{-7}$

Force des acides et des bases. — L'application de la loi d'action des masses permet de caractériser la force des acides et des bases.

Un acide et une base sont d'autant plus forts qu'ils sont plus fortement dissociés en leurs ions constituants.

La dissociation d'un acide étant régie par l'équation :

$$\frac{[A^-]\,.\,[H^+]}{[AH]} = K_A, \qquad (15\ bis)$$

on voit qu'elle sera d'autant plus intense que le coefficient K_A sera plus grand. La force d'un acide croit avec le coefficient K_A.

ACIDES	K_A
HCl, HNO^3, H^2SO^4	environ 6000 . 10^{-1} (acides forts).
H^2CO^3	5,1 à 7,2 . — (acides faibles).
HCH^3CO^2	0,17 . — (acides faibles).
H^2S	0,0009 . — (acide très faible).

De même la dissociation d'une base est régie par l'équation :

$$\frac{[B^+]\,[OH^-]}{[BOH]} = K_B \qquad (14\ bis)$$

Elle sera d'autant plus intense que K_B sera plus grand et la force d'une base croit avec le coefficient K_B qui lui correspond.

BASES	K_B
KOH	environ 7000 . 10^{-1} (base forte).
CH^3NH^2	5 . — (base faible).
NH^4OH	0,25 . — (bases très faibles).
$C^6H^5NH^2$	0,000005 . — (bases très faibles).

Certains électrolytes possèdent à la fois une fonction acide et une fonction basique ; ce sont les électrolytes *amphotères* qu'on peut représenter par H.ROH. Suivant qu'on considère la fonction acide ou la fonction basique, on a l'une ou l'autre des équations d'équilibres :

$$\frac{[ROH^-]\,[H^+]}{[HR.OH]} = K_A, \qquad \frac{[HR^+]\,[OH^-]}{[H.ROH]} = K_B.$$

L'égalité $[HR^+] = [ROH^-]$ définit le *point isoélectrique* où le corps possède des propriétés physiques particulières.

Comme exemple d'électrolyte amphotère qui ait été particulièrement étudié, citons l'acide para-amino-benzoïque-de formule

$$C^6H^4 \begin{cases} CO^2H & (1) \\ NH^2 & (4) \end{cases}$$

pour lequel on a :

$$K_A = 6{,}8 \times 10^{-6}$$
$$K_B = 2{,}5 \times 10^{-12}.$$

Chez les acides polybasiques et les bases polyacides, la dissociation s'effectue en plusieurs échelons. Ainsi un acide bibasique éprouvera les deux transformations :

$$AH^2 \rightleftarrows H^+ + AH^-,$$
$$AH^- \rightleftarrows H^+ + A^{--};$$

il possède deux constantes de dissociation :

$$K_1 = \frac{[H^+]\,[AH^-]}{[AH^2]},$$

et

$$K_2 = \frac{[H^+]\,[A^{--}]}{[AH^-]}.$$

Pour calculer $[H^+]$ on emploiera la constante K_1 comme s'il s'agissait d'un acide monobasique. Ceci est d'autant plus exact que dans la plupart des cas la constante K_2 est beaucoup plus petite que K_1, et, en outre, la seconde dissociation se trouve encore reculée par la présence des ions H^+ dus à la première.

Ainsi SO^4H^2 donne surtout :

$$SO^4H^2 \rightleftarrows SO^4H^- + H^+.$$

Ce n'est que pour les dilutions très fortes que se fait sentir nettement l'ionisation de l'ion SO^4H^-

$$SO^4H^- \rightleftarrows SO^{4--} + H^+.$$

Calcul du nombre des ions H^+ dans une solution acide. — Considérons un acide AH qui se dissocie sui-

Digitized by Google

vant l'équation (13). S'il existe seul dans la solution, le nombre des ions H^+ est égal au nombre des ions A^- :

$$[H^+] = [A^-].$$

Et l'équation (13 *bis*) devient :

$$\frac{[H^+]^2}{[AH]} = K_A. \qquad (15)$$

Désignons par C la concentration initiale de l'acide et par α le coefficient de dissociation, c'est-à-dire la fraction du nombre initial des molécules d'acide qui est ionisé. Sur les C molécules initiales d'acide, $C\alpha$ étant ionisées, il en reste à l'état neutre :

$$C - C\alpha = C(1 - \alpha).$$

La concentration des molécules d'acide à l'état libre est donc :

$$[AH] = C(1 - \alpha.$$

L'équation (15) devient :

$$\frac{[H^+]^2}{C(1-\alpha)} = K_A.$$

Sous cette forme elle permet de calculer le nombre des ions hydrogènes libérés par la dissociation de l'acide, connaissant la constante K_A et le coefficient de dissociation α :

$$[H^+] = \sqrt{K_A C(1-\alpha)}.$$

Dans le cas d'un acide faible, la fraction α des molécules dissociées est toujours très petite et peut être négligée devant l'unité. Les équations précédentes deviennent :

$$\frac{[H^+]^2}{C} = K_A$$

$$[H^+] = \sqrt{K_A C}.$$

Calcul des ions OH^- dans une solution basique. — Considérons une base BOH qui se dissocie suivant l'équation (14). Si elle existe seule dans la solution, le nombre des ions OH^- est égal au nombre des ions B^+ :

$$[OH^-] = [B^+],$$

et l'équation (14 *bis*) devient :

$$\frac{[OH^-]^2}{[BOH]} = K_B. \qquad (16)$$

Désignons par C la concentration initiale de la base et par α le coefficient de dissociation. Sur les C molécules initiales de base, $C\alpha$ étant ionisées, il en reste à l'état neutre :

$$C - C\alpha = C(1-\alpha).$$

La concentration des molécules de base à l'état libre est donc :

$$[BOH] = C(1-\alpha).$$

L'équation (16) devient :

$$\frac{[OH^-]^2}{C(1-\alpha)} = K_B.$$

Sous cette forme elle permet de calculer le nombre des ions $[OH^-]$ libérés par la dissociation de la base connaissant la constante K_B et le coefficient de dissociation α. Dans le cas d'une base faible, la fraction α des molécules dissociées est toujours très petite et peut être négligée devant l'unité. Les équations précédentes deviennent :

$$\frac{[OH^-]^2}{C} = K_B$$

$$[OH] = \sqrt{K_B C}.$$

Exceptions présentées par les électrolytes forts. — Les formules (15) et (16) établies dans les paragraphes précédents ne conviennent que pour les acides ou les bases dont l'acidité ou la basicité est faible ou moyenne; elles ne s'appliquent pas aux acides forts et aux bases fortes. D'une façon générale, la loi d'action des masses, sous la forme classique, ne s'applique pas aux électrolytes forts, c'est-à-dire aux électrolytes qui en solution diluée sont complètement ionisés.

Un assez grand nombre de théories ont été proposées pour interpréter les anomalies présentées par les électrolytes forts. L'idée commune à toutes est que les électrolytes forts dissous sont complètement dissociés à toute dilution. Elles expliquent les propriétés variables avec la dilution par une diminution de la mobilité des ions en solution concentrée, qui tiendrait à des actions électrostatiques se produisant entre ions.

Il semble nécessaire également de corriger la loi d'action des masses. Sous sa forme ordinaire, elle suppose que la masse active est proportionnelle à la concentration. Lewis a proposé de lui conserver sa forme, mais de définir, à l'aide de la formule qui représente l'énergie libre de la réaction, une quantité nouvelle a appelée *activité*, qui remplacera la concentration c. L'activité a est inférieure à la concentration c et le quotient $\frac{a}{c}$, inférieur à l'unité, est appelé coefficient d'activité. C'est l'activité et non la concentration qu'il faudra introduire dans le calcul de la force électromotrice des piles où interviennent des électrolytes forts.

Clark a jugé prudent : 1° de normaliser un peu arbitrairement les valeurs expérimentales de $[H^+]$, 2° de continuer provisoirement à utiliser les concepts simples de la théorie électrolytique. Pour l'étude des électrolytes faibles et des indicateurs colorés, ces concepts sont d'ailleurs très suffisants.

Renseignements que fournit la loi d'action des masses sur les systèmes formés d'acides, de bases, de sels plus ou moins ionisés. — Si la loi d'action des masses ne fournit pas, dans le cas des électrolytes forts, des indications quantitatives exactement d'accord avec l'expérience, du moins permet-elle d'interpréter très simplement les phénomènes qui se produisent dans les systèmes comprenant des acides, des bases et des sels plus ou moins ionisés.

Digitized by Google

1. *Acide faible additionné d'un acide fort. Base faible additionnée d'une base forte.* — A une solution d'acide acétique ajoutons, par exemple, une solution d'acide chlorhydrique. Les équilibres de ces deux acides obéissent aux équations :

$$\frac{[H^+]\cdot[CH^3\,CO^{2-}]}{[CH^3\,CO^2H]} = K_1. \qquad (17)$$

$$\frac{[H^+][Cl^-]}{[HCl]} = K_2 \qquad (18)$$

la constante K_1 est très petite par rapport à la constante K_2, car l'acide acétique est très faiblement et l'acide chlorhydrique très fortement ionisé.

L'introduction d'acide chlorhydrique dans la solution d'acide acétique entraîne un accroissement très grand du nombre des ions H^+ puisque l'acide chlorhydrique est fortement ionisé et que l'acide acétique l'est très peu. Le nombre des ions H^+ devenant très grand dans la solution, le facteur $[H^+]$ prend une très grande valeur, et, pour que l'équation (17) continue à être vérifiée, il faut que le facteur $[CH^3\,CO^{2-}]$ diminue beaucoup par la combinaison des ions $CH^3\,CO^{2-}$ avec les ions H^+ pour former des molécules neutres.

L'introduction d'acide acétique dans une solution d'acide chlorhydrique n'accroît que d'une manière insignifiante le nombre des ions H^+. Dans l'équation (18), le facteur $[H^+]$ n'éprouve qu'un accroissement insensible et par suite la dissociation de l'acide chlorhydrique n'est pas sensiblement modifiée.

Des faits analogues se produisent par le mélange d'une base faible et d'une base forte. On peut les résumer par la règle suivante :

Un acide faible subit un recul notable d'ionisation quand on lui ajoute un acide fort; il en est de même pour une base faible à laquelle on ajoute une base forte. Un acide faible ajouté à un acide fort n'en modifie pas sensiblement l'ionisation; il en est de même pour une base faible ajoutée à une base forte.

2. *Mélange d'un acide ou d'une base faible avec un sel fortement ionisé possédant avec eux un ion commun.* — A une solution d'acide acétique ajoutons par exemple une solution d'acétate de soude. Ce sel étant fortement ionisé accroît fortement dans la solution le nombre des ions $CH^3\,CO^{2-}$. Par suite, pour que l'équation (17) continue à être vérifiée, il faut que le nombre des ions H^+ diminue en reformant des molécules d'acide acétique; la dissociation de l'acide acétique est donc diminuée par l'introduction d'acétate de soude. De même, l'introduction de chlorhydrate d'ammoniaque (électrolyte fort) dans une solution d'ammoniaque (base faible) en diminue l'ionisation. D'une manière générale, les acides ou les bases faibles, additionnés d'un de leurs sels fortement ionisé, subissent un recul notable d'ionisation.

Nous verrons que pour ces mélanges la dissociation ne varie pas sensiblement avec la dilution. On les utilise en analyse sous le nom de solutions « tampons » chaque fois qu'on veut réaliser un milieu dans lequel la concentration des ions H^+ demeure pratiquement invariable.

3. *Mélange d'un sel fortement ionisé avec un acide ou une base forte ayant même anion ou même cation.* — En raisonnant comme précédemment, on verrait aisément que les sels fortement ionisés additionnés d'un acide fort ou d'une base forte ayant même anion ou même cation subissent un recul d'ionisation. Ainsi une solution étendue de chlorure cuivrique nettement bleue grâce à la présence des ions Cu^{++} prend une nuance vert jaunâtre lorsqu'on l'additionne d'acide chlorhydrique concentré par suite de la combinaison des ions Cu^{++} avec des ions Cl^- pour donner du chlorure cuivrique non dissocié dont la couleur est brune.

Hydrolyse. — Certains sels, en solution dans l'eau, subissent une décomposition partielle. La solution acquiert alors, suivant les cas, une réaction acide ou basique. On dit qu'il y a *hydrolyse*.

L'hydrolyse s'interprète aisément en faisant intervenir les ions H^+ et OH^- produits par la décomposition de l'eau.

Le sel dissous AB peut être considéré comme complètement dissocié, en sorte que dans la solution existent les ions :

$$H^+,\ OH^-,\ A^-,\ B^+.$$

1. *Cas d'un sel formé par combinaison d'un acide fort et d'une base forte.*— L'acide AH étant un acide fort peut exister en solution à l'état complètement dissocié. De même la base BOH étant une base forte peut exister en solution à l'état complètement dissocié. Les ions H^+, OH^-, A^-, B^+, pourront donc exister simultanément sans se recombiner. En particulier les nombres d'ions H^+ et OH^- sont ceux fournis par la dissociation de l'eau. La présence du sel n'apporte aucune modification. La dissolution d'un sel formé par l'union d'un acide fort et d'une base forte ne modifie pas le nombre des ions H^+ et OH^- que fournit la dissociation de l'eau. La solution reste parfaitement neutre.

2. *Cas d'un sel formé par la combinaison d'une base faible et d'un acide fort.*— L'acide AH étant un acide fort peut exister en solution à l'état complètement dissocié. Mais la base BOH étant une base faible, les ions B^+ et OH^- vont se recombiner en grande partie pour reconstituer des molécules BOH non dissociées. Le nombre des ions OH^- va ainsi diminuer fortement, ce qui entraîne un accroissement du nombre des ions H^+. La solution acquiert une réaction acide.

Ainsi dans une solution de chlorhydrate d'ammoniaque NH^4Cl, les ions NH^{4+} et Cl^- fournis par la dissociation quasi totale du sel donnent, en présence de l'eau, la réaction :

$$H^2O + NH^{4+} + Cl^- = NH^4OH + H^+ + Cl^-,$$

la solution où se trouve un excès d'ion H^+ fournit une réaction acide en même temps qu'elle contient de l'ammoniaque non dissociée.

Digitized by Google

3. *Cas d'un sel formé par la combinaison d'une base forte et d'un acide faible.* — La base BOH étant une base forte peut exister en solution à l'état complètement dissocié. Mais l'acide AH étant un acide faible, les ions A^- et H^+ vont se recombiner en grande partie pour reconstituer des molécules AH non dissociées. Le nombre des ions H^+ va ainsi diminuer fortement, ce qui entraîne un accroissement du nombre des ions OH^-. La solution acquiert une réaction basique.

Ainsi dans une solution d'acétate de potasse, les ions K^+ et CH^3CO^{2-} fournis par la dissociation quasi totale de ce sel donnent, en présence de l'eau, la réaction :

$$K^2O + K^+ + CH^3.CO^{2-} = CH^3.CO^2H + OH^- + K^+.$$

La solution où se trouve un excès d'ions OH^- fournit une réaction basique en même temps qu'elle contient de l'acide acétique non dissocié.

4. *Cas d'un sel formé par la combinaison d'une base et d'un acide faibles.*

Une partie des ions H^+ se recombinent avec les ions A^- pour donner des molécules AH non dissociées.

Une partie des ions OH^- se recombinent avec les ions B^+ pour donner des molécules BOH non dissociées. Si le nombre des molécules d'acide et de base ainsi reconstituées est le même, leur formation entraîne la disparition d'un nombre égal d'ions H^+ et OH^- qui se reforment par la dissociation de nouvelles molécules d'eau, et la solution reste neutre. S'il se reconstitue plus de molécules d'acide que de molécules de bases, le nombre d'ions H^+ disparus est supérieur à celui des ions OH^-, la solution prend une réaction basique. Si le nombre des molécules de base formées est plus grand que celui des molécules d'acide, le nombre d'ions OH^- disparus est supérieur à celui des ions H^+, la solution prend une réaction acide.

Réaction de neutralisation. — 1. Mélangeons en proportion équimoléculaire une solution d'une base forte BOH et une solution d'un acide fort AH. L'acide et la base sont presque complètement dissociés et les solutions renferment à peu près uniquement, la première des ions B^+ et OH^-, la seconde des ions A^- et H^+. Après le mélange, les ions H^+ et OH^- mis en présence se recombinent presque totalement puisque le coefficient de dissociation de l'eau est très faible. L'équation de neutralisation peut s'écrire :

$$A^- + H^+ + B^+ + OH^- = A^- + B^+ + H^2O,$$

qui se réduit à :

$$H^+ + OH^- = H^2O,$$

en accord avec ce fait que la neutralisation d'une molécule-gramme d'un acide fort monobasique par une molécule-gramme d'une base forte monoacide dégage 13400 calories quelles que soient la nature de la base et celle de l'acide.

2. Si l'on mélange, toujours en proportion équimoléculaire, une solution d'une base forte et celle d'un acide faible, le phénomène est plus complexe. La base est à peu près complètement dissociée et sa solution ne renferme que des ions B^+ et OH^-. Mais l'acide est loin d'être complètement dissocié et sa solution renferme, outre des ions A^- et H^+, des molécules AH non dissociées. Quand on mélange les deux solutions, les ions OH^- de la solution basique se combinent aux ions H^+ que renferme la solution acide pour donner de l'eau. Mais alors de nouvelles molécules de l'acide AH se dissocient pour reconstituer les ions H^+ qui ont disparu. Les ions A^- ainsi produits restent dans la solution tandis que les ions H^+ se recombinent au fur et à mesure de leur production avec les ions OH^- provenant de la solution basique pour donner de l'eau. Il en est ainsi jusqu'à ce que tout l'acide ait été dissocié et que tous les ions H^+ que peut fournir la dissociation aient disparu pour former de l'eau en se combinant avec les ions OH^- de la base. Le mélange des deux solutions ne renferme alors, comme le mélange d'un acide fort et d'une base forte, que des ions A^- et B^+ et les quelques ions H^+ et OH^- que fournit la dissociation de l'eau.

Acidité actuelle et acidité potentielle.— Ainsi, en ce qui concerne la neutralisation par une base, une solution d'un acide faible est équivalente à celle d'un acide fort de même normalité. Des solutions équimoléculaires, qu'elles soient d'acides forts ou d'acides faibles, exigent pour être neutralisées la même quantité de base. Elles sont susceptibles de libérer au total le même nombre d'ions H^+, elles ont la même *acidité titrimétrique* ou, comme on dit quelquefois, la même *acidité potentielle.*

Mais ces solutions sont loin de posséder la même concentration en ions H^+, qui mesure l'acidité vraie actuelle d'une solution. C'est ce que montre le tableau suivant où l'on a indiqué les acidités vraies mesurées par la concentration en H^+ de solutions de divers acides toutes décinormales, c'est-à-dire ayant la même acidité potentielle ou titrimétrique $\frac{N}{10}$.

ACIDES	$[H^+]$
Phénol	0,000003
Acide borique	0,00000741
Acide sulfhydrique	0,00008
Acide carbonique	0,000125
Acide acétique	0,00155
Acides forts	0,1

Tandis que par litre, la solution d'un acide fort (HCl, H^2SO^4) renferme sensiblement 1/10 d'ion-gramme H^+, celle de l'acide acétique n'en contient guère que 1/ 000 et celle de phénol que 3/1 000 000.

Pendant longtemps, l'acidité potentielle a été seule envisagée. C'est celle que donnent les titrages volumétriques. Mais l'acidité vraie ou actuelle est plus intéressante à connaître en ce qui concerne un grand nombre de phénomènes chimiques et surtout biologiques. « En

Digitized by Google

résumé, écrit Vincent, nous voyons que l'acidité d'un milieu peut se définir au moyen de deux facteurs : un facteur de *quantité*, qui correspond à l'acidité potentielle, et un facteur d'*intensité*, qui correspond à l'acidité actuelle. Une solution acide, normale en quantité, est une solution qui renferme un atome-gramme, par litre, d'hydrogène substituable, aussi bien à l'état d'ions qu'à l'état moléculaire, tandis qu'une solution normale en intensité, renferme un atome-gramme d'ions hydrogène par litre. Pour les acides forts ces deux normalités se confondent presque, mais pour les acides faibles elles sont très différentes. C'est ainsi que la liqueur normale (en quantité) d'acide chlorhydrique possède une concentration en ions H^+ de 0,8 environ, c'est-à-dire voisine de 1, tandis que pour l'acide acétique elle n'est que de 0,0044 » (1).

A. Boutaric,
Professeur à la Faculté des Sciences de Dijon.

RÉSUMÉ CRITIQUE
DES
DERNIERS TRAVAUX SUR LES DIÉLECTRIQUES
(*Suite* 2.)

Force électromotrice interne de polarisation. — Cette quantité a été introduite par Curie et Richardson. Elle n'est, en somme, qu'une expression différente du même phénomène de décharge résiduelle. Si une force électromotrice E est appliquée à un diélectrique, puis réduite à $E' > P$, P étant une valeur bien déterminée, le courant dit « d'absorption » se maintien; mais si $E' < P$ il s'inverse. Richardson a défini P par la force électromotrice interne de polarisation. Elle peut être mesurée par méthode potentiométrique. P ne serait pas constante, mais croîtrait avec le temps de charge, très rapidement d'abord, plus lentement ensuite; il conviendrait de tenir compte de sa valeur dans l'évaluation de la résistance d'un corps diélectrique. Selon Richardson, on pourrait écrire :

$$\text{Courant de charge} = \frac{dP}{dt} + \frac{E - P}{R},$$

E étant la force électromotrice appliquée, R la résistance vraie. Cet auteur aurait déterminé R pour le quartz et le spath d'Islande et obtenu, évidemment, des valeurs plus élevées qu'en négligeant P. La question se présente d'ailleurs d'une autre façon. Si en négligeant P, le courant de conduction est i_c, on a $\frac{E}{i_c} = R$ et la puissance dissipée devient :

$$E i_c = \frac{E^2}{R}.$$

En reprenant la définition de Richardson, on doit écrire :

$$R_1 = \frac{E - P}{i_c}.$$

Mais la puissance dissipée n'est plus $\frac{E^2}{R_1}$, car elle est certainement égale au produit $E i_c$. Donc, au point de vue de la dissipation de l'énergie, la définition normale de la résistance convient mieux, bien qu'elle ne signifie pas nécessairement que la résistivité et le transport d'électricité à travers le diélectrique soient uniformes tout le long de la masse et soit donné par $\frac{RS}{l}$.

g) **Absorption sous les champs alternatifs.** — Il a été montré, précédemment, que si un diélectrique est soumis à une tension alternative il est à présumer que le courant anormal de charge entraîne un accroissement apparent de sa capacité. Cet accroissement est fonction de la fréquence.

En outre, si le courant anormal obéit à la loi de superposition d'Hopkinson, il se produira une certaine déperdition d'énergie, également fonction de la fréquence et sans aucune relation avec l'intensité de conduction. Ce point spécial a été étudié par Schweidler, qui, en fin d'analyse, aboutit aux conclusions suivantes :

L'accroissement relatif de la capacité C est donné par une expression de la forme :

$$\frac{\Delta C}{C} = \beta \omega^{m-1} \Gamma(1-m) \cos \frac{(1-m)\pi}{2} = B' \omega^{m-1}$$

et la dissipation d'énergie par :

$$W_1 = E^2 \beta C \omega^m \frac{\pi}{2 \Gamma m \cos \frac{(1-m)\pi}{2}} = E^2 A \omega^m.$$

où :

β est un paramètre du temps.
m un facteur < 1 déjà rencontré dans l'expression $i_2(t) = Bt^{-m}$ du courant anormal de décharge.
ω la pulsation de la force électromotrice appliquée.
A et B des constantes définies par la valeur de m et les dimensions géométriques du diélectrique.

Ces expressions, très importantes, montrent comment varient la capacité et les pertes avec la fréquence du champ. L'expérience a confirmé pleinement leur exactitude.

Pour les pertes dues aux courants de fuite et d'absorption :

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{C\omega} \cdot \frac{G + A\omega^m}{1 + B'\omega^{m-1}}$$

G étant la conductance du corps considéré :

h) **Le courant anormal irréversible.** — Cette caractéristique est particulière aux diélectriques liquides, bien qu'on la rencontre chez certains solides, comme le papier, par exemple. Jusqu'à 1915, les seuls travaux

(1) Maurice Vincent. *La Concentration en ions hydrogène et sa mesure par la méthode électrométrique.* Hermann, éditeur p. 11.
(2) Voy. *L'Industrie électrique* du 10 août 1927, page 345.

Digitized by Google

connus sur ce sujet étaient ceux de Schweidler que l'on trouve résumés ci-dessous (1).

La réduction de l'intensité avec le temps, est souvent très lente. En général, plus la tension appliquée est élevée, plus la valeur finale de l'intensité est atteinte rapidement. Si, après avoir appliqué une tension E_1, pendant un temps assez long, on réduit celle-ci à $E_2 < E_1$, on observe un accroissement de courant sitôt après la baisse d'intensité correspondant à la réduction de la tension. La loi la plus générale de la variation du courant anormal en fonction du temps est donnée par $i_2(t) = Bt^{-m}$, c'est-à-dire par la même expression que celle du courant anormal de décharge dans les solides.

L'hypothèse habituelle d'un courant de conduction de valeur constante a succédant au courant normal de charge et superposé à une intensité variable $i_2(t)$ se trouve contredite du fait que ce courant constant a ne suit pas exactement la loi d'Ohm ; il n'est pas proportionnel aux différentes valeurs de la tension que peut subir le diélectrique, mais croît plus lentement que celle-ci. Dans de nombreux cas, on constate une sorte de saturation comme lors de gaz ionisés. Dans certains cas très rares, au contraire, le rapport $\frac{a}{E}$ augmente avec la tension.

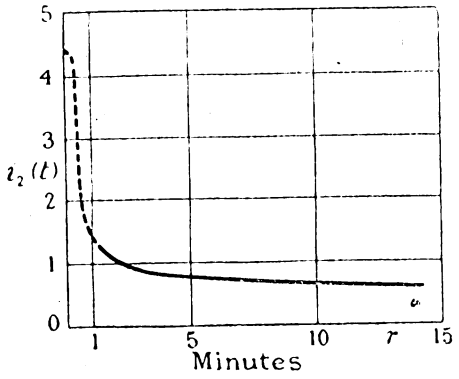


Fig. 6.

Variation du courant anormal en fonction du temps dans les diélectriques liquides.

De même que pour la conduction électrolytique, le courant augmente avec la température.

Enfin, pour des électrodes de formes différentes, le phénomène est susceptible d'accuser une certaine désymétrie quant au sens de circulation de l'intensité.

Des travaux plus récents ont été poursuivis par Tank sur ce sujet. Cet auteur étudia le sulfure de carbone, l'huile de résine, le benzol et le pétrole en observant pour chacun d'eux des phénomènes identiques. Pour une tension appliquée constante, l'intensité à travers le liquide peut être *approximativement* donnée par :

$$i = Bt^{-m} \qquad 0 < m < 1.$$

Bien que le courant ne se soit pas montré réversible, on notait, dans certains cas, une tendance à un effet en retour. Le phénomène est attribué à une conduction ionique ne dépendant pas essentiellement de l'isolant lui-même, mais surtout des impuretés qu'il renferme. Des traces de cet effet de retour furent attribuées, dans certains cas, à une polarisation chimique des électrodes.

Tank aboutit approximativement à la même loi de variation $i_2(t) = Bt^{-m}$ pour les diélectriques solides présentant une réversibilité du courant anormal, même par des intervalles de temps extrêmement faibles obtenus au pendule d'Helmholtz. L'observation des liquides dans ces conditions montre des différences notables. Lorsque le temps t est réduit à des intervalles de plus en plus petits, le courant anormal de conduction ne croît plus suivant la loi de la formule ci-dessus, mais tend vers une valeur constante. Les variations sont consignées dans la courbe de la figure 6, qui, pour des intervalles de temps très courts, montre une intensité constante. Ceux avec $t > 1$ donnent une variation de la forme $f(t) = Bt^{-m}$.

La partie pointillée de la courbe n'a pu être relevée expérimentalement.

Tank estime que, sous tension alternative, les conditions correspondent à des valeurs très faibles de t, le diélectrique liquide se comporterait comme s'il possédait une conductivité constante G. Les pertes seraient alors V^2G, tout à fait indépendantes de la fréquence. G peut être calculée d'après le courant initial sous une tension continue. De fait, des expériences sous tension alternative de 50 per : sec confirmèrent son opinion.

Il semble cependant hasardeux d'adopter ce principe pour les diélectriques liquides. Des essais antérieurs poursuivis par Schweidler montrèrent que l'on ne peut affirmer que le courant initial est proportionnel à la tension et qu'il importe peu que celle-ci croisse ou diminue pourvu qu'elle varie alternativement au moins plusieurs fois par seconde.

En résumé, il ne semble pas que nos données actuelles sur la façon dont se comporte le diélectrique liquide sous tension continu soient assez complètes pour les étendre à l'étude des pertes d'énergie sous des champs alternatifs.

L'opinion générale se limite à avancer que :

1° Les phénomènes anormaux dans les diélectriques liquides sont dus à une conduction ionique.

2° Ces phénomènes dépendent essentiellement des impuretés du liquide.

3° Des diélectriques liquides parfaitement purs, s'il était possible d'en obtenir, ne donneraient probablement lieu à aucun phénomène anormal.

IV. — Méthodes de mesure des pertes d'énergie.

Les méthodes de mesure des pertes diélectriques sous l'action de tensions alternatives peuvent être classées comme suit :

Méthodes wattmétriques, par mesure directe au moyen d'un wattmètre dynamométrique ou électrostatique.

(1) *Journal of the I. E. E.*, M. L. Hartshorn, novembre 1926.

Digitized by Google

Méthodes calorimétriques, par observation, au calorimètre, de l'élévation de température subie par un diélectrique placé sous une tension alternative connue, pendant un temps donné.

Méthodes de la capacité et de la résistance équivalentes, par association d'une capacité pure avec une résistance non inductive pouvant être substituées à un condensateur quelconque non parfait, pour une fréquence déterminée. On en déduit le facteur de puissance et par conséquent les pertes de l'ensemble.

Ces méthodes peuvent se répartir en 3 groupes :

1° Par montages en ponts (fréquences téléphoniques).

2° Par substitution à la résonance (fréquences radioélectriques).

3° Par transformateur différentiel.

Méthodes d'évaluation de la distorsion de l'onde d'intensité, par relevé oscillographique et évaluation du facteur de puissance.

a) *Méthodes wattmétriques.* — On y rencontre des difficultés provenant de la petitesse des puissances et du facteur de puissance à mesurer, les wattmètres doivent donc être très sensibles. En cas de dynamomètre, les erreurs dues au déphasage dans le circuit à fil fin sont très importantes. Il convient également de tenir compte de la perte d'énergie dans le circuit série de l'appareil. Rosa a donné plusieurs méthodes de ce genre de mesures. La figure 7 indique celle de l'élongation simple. OA représente la tension appliquée, $OB = i_p$ l'intensité dans le circuit de tension; α, le déphasage dans ce circuit, $OG = i_c$ l'intensité dans l'enroulement série du wattmètre, et, par conséquent, dans le condensateur. Si la bobine série du wattmètre possédait une résistance nulle, OF représenterait l'intensité dans le condensateur où : $\beta = \text{arc tg } rC\omega$. Φ est le déphasage vrai du condensateur. L'indication fournie par le wattmètre est évidemment proportionnelle à Φ' avec $\Phi = \Phi' - \alpha + \beta$. Les corrections représentées par α et β doivent donc être calculées d'après les constantes de l'appareil de mesure.

Il est difficile de réaliser un instrument de mesure à la fois stable et très sensible; aussi Rosa a-t-il été conduit à rechercher des méthodes par le zéro, exigeant moins de sensibilité. Dans le cas le plus simple, une self-inductance variable est introduite dans le circuit de tension; l'angle α varie donc de Φ' à 90° où l'élongation du wattmètre devient nulle. Le cos Φ peut être déduit des constantes connues de l'instrument et de cette inductance additionnelle. On peut encore utiliser les phénomènes de résonance avec un wattmètre dynamométrique : une bobine de self-inductance est alors connectée en série ou en dérivation avec le condensateur sous essais et la puissance totale dissipée mesurée par le wattmètre. Cette méthode est avantageuse, dans certains cas; avec le montage en série, la tension aux bornes du condensateur peut être très élevée, tandis que le wattmètre n'est que sous faible charge.

Dans la plupart des méthodes dynamométriques de mesure des pertes, on utilise l'élongation du wattmètre et la correction pour le déphasage est faite par substitution d'un condensateur à air au diélectrique étudié, en agissant sur différents éléments du circuit jusqu'au retour de l'aiguille indicatrice au zéro. Le dispositif de Shanklin

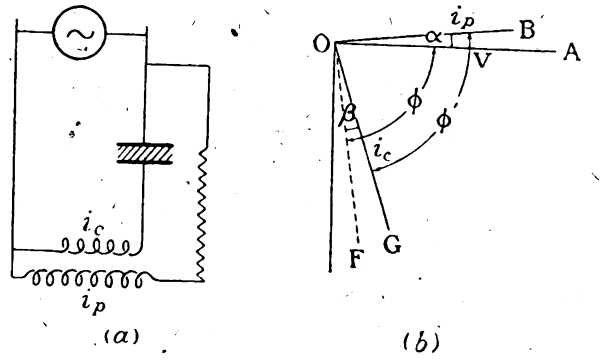


Fig. 7.
Schéma des connexions et diagramme d'un wattmètre.

(fig. 8) rectifie le déphasage au moyen du condensateur C mis en shunt sur la résistance variable r (introduit dans le circuit de tension du wattmètre). Le condensateur à air étalon comporte 5 électrodes. La lame centrale est sous une haute tension, et suspendue par une attache

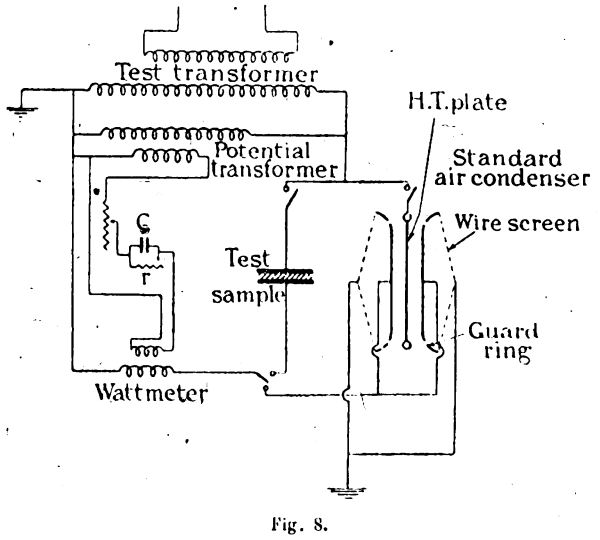


Fig. 8.
Mesure des pertes par le wattmètre de Shanklin.

isolante. Les lames extérieures sont munies de plaques de garde reliées à la terre, et à bords arrondis pour les empêcher d'effluver. La distance entre lame est de 55 cm, et la capacité de 100 $\mu\mu$F. Les pertes d'énergie furent considérées comme négligeables jusqu'à un potentiel de 60 000 v.

Tank utilisa également un dynamomètre à fer, du type Sumpner, monté en wattmètre (fig. 9). La capacité auxiliaire G permet de réaliser la condition de résonance dans le circuit magnétisant. La précision du réglage est effec-

Digitized by Google

tuée par substitution du condensateur en essai G ou la capacité G, et en ramenant le wattmètre à zéro. Cet arrangement ne convient que pour les faibles tensions.

Miles Walker, Skinner, Addenbrooke et Rayner ont utilisé le wattmètre électrostatique. Le montage de Rayner est donné figure 10 où l'on note un anneau de garde pour

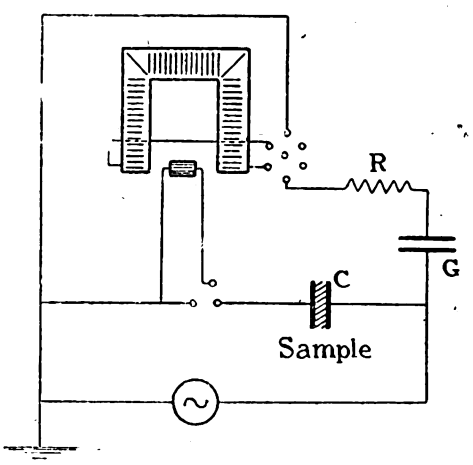


Fig. 9.

Mesure des pertes par le wattmètre de Tank.

éviter d'enregistrer les pertes dues à l'ionisation de l air au voisinage des bords des électrodes. La tension entre aiguille et cadrans est seulement de la moitié de celle appliquée au diélectrique pour éviter d'avoir à tenir compte de la perte d'énergie dans la résistance r comme il est nécessaire de le faire dans tout autre montage. Des mesures furent faites sous des tensions de l'ordre de 10000 v. Avec un wattmètre électrostatique rempli

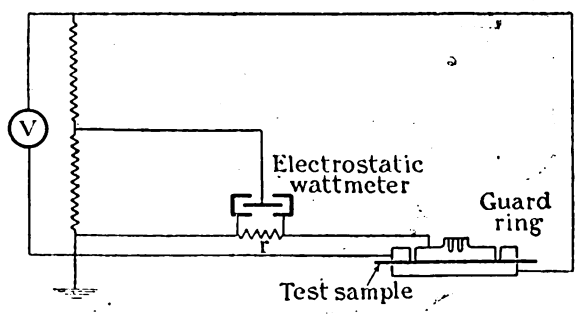


Fig. 10.

Mesure des pertes par le wattmètre électrostatique de Rayner.

d'huile, Skinner a pu effectuer des mesures jusqu'à 70000 v.

Les mesures au wattmètre à des fréquences radioélectriques donnent lieu à de grandes difficultés. Alexanderson a, de son côté, opéré à ces fréquences avec voltmètres et ampèremètres (fig. 11); il atteignit de hautes tensions, avec un transformateur spécial sans fer. Le primaire P était excité par un alternateur à haute fréquence; le secondaire comportait 3 enroulements S_1, S_2, S_3 constitués par des enroulements plats reliés en série et dont les deux extrémités étaient terminées par des spirales de cuivre épais A et B, dont le but est d'éviter la formation de gradients de potentiel élevés au voisinage des enroulements. L'échantillon de diélectrique à mesurer C_x et plongé dans l'huile, est soumis à la tension secondaire totale. La mesure des pertes s'effectue en amenant le circuit secondaire à la résonance, de telle façon que son facteur de puissance soit égal à l'unité, et en lisant, à ce moment, les indications du voltmètre et de l'ampèremètre. Une mesure analogue faite sans le condensateur C_x donnait les pertes dans le transformateur, en sorte que, par simple différence, on obtenait les pertes dans le diélectrique.

b) *Méthodes calorimétriques.* — Ces méthodes ne peuvent être applicables qu'à la mesure de pertes importantes, soit à haute fréquence, soit sous des gradients de potentiels élevés. Elles demandent des précautions spéciales pour maintenir le calorimètre à température rigoureusement constante. Des dissipations d'énergie de l'ordre de 10 w furent ainsi mesurées, avec des facteurs de puissance de 0,5 à 0,5 pour 100. Granier fit des essais de ce

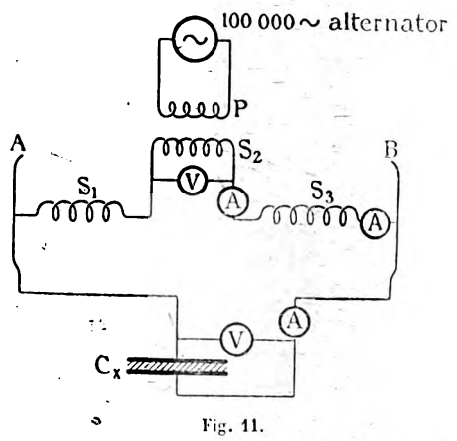


Fig. 11.

Méthode d'Alexanderson pour la mesure des pertes d'énergie diélectrique aux fréquences radioélectriques.

genre à des fréquences comprises entre 1000 et 300000 per : sec.

c) *Méthodes de la capacité et de la résistance équivalentes.*

1. *Méthodes en ponts.* — Ces méthodes sont surtout utilisées pour les puissances et les fréquences téléphoniques. On opère généralement avec un simple pont de Wheatstone par comparaison avec un condensateur étalon connu. Le facteur de puissance de l'éprouvette en essai peut être équilibré par l'insertion d'une résistance en série avec la capacité connue, comme dans le pont de Wien ou en dérivation avec elle, dans le cas de déphasages importants.

Le montage en pont de Schering donne un réglage très élégant à ce sujet. Les bras 3 et 4 sont constitués par des résistances non inductives avec une capacité variable C_4 en dérivation sur r_4 (fig. 12) pour compenser le déphasage dans C_1. Les bras de proportion 3 et 4 peuvent être à

Digitized by Google

résistances pures, à capacité ou à inductances; il est utile, en tout cas, qu'ils possèdent des déphasages propres identiques. Pour les mesures extrêmement précises, il est avantageux de réaliser la symétrie du pont, et d'utiliser une méthode de substitution. On évite ainsi les erreurs dues aux capacités par rapport au sol et les différences résiduelles entre les angles de déphasage des différents bras. Les premières causes d'erreur sont réduites au minimum en reliant à la terre un point convenable du pont. Le détecteur D peut être un téléphone ou un galvanomètre vibrateur sensible à fréquence. Étant donné les impédances élevées C_1 et C_2, les résistances r_3 et r_4 ne supportent pas de fortes intensités, même sous des tensions élevées. Le condensateur étalon C_2 supporte pratiquement la tension totale appliquée. Un choix convenable de C_2 a permis d'atteindre la tension de 100 kv, r_3 et C_4 étant à des potentiels voisins de celui de la terre peuvent être manœuvrés sans risques, pour les réglages.

Les équations d'équilibre du pont sont :

$$\operatorname{tg}\delta_1 = r_4 C_4 \omega$$

$$C_1 = \frac{r_4}{r_3} C_2 \cos^2\delta = \frac{r_4}{r_3} C_2 \text{ (approximativement).}$$

Pratiquement, il est préférable de maintenir r_4 constant, car alors le pont peut fournir des valeurs du facteur de puissance par lecture directe; pour des mesures à la fréquence 50 per : sec, on peut faire $r_4 = \frac{1000}{\pi}$ ohms. Alors $\operatorname{tg}\delta = 10^{-3} C_4$.

Le facteur de puissance (approximativement δ) est égal au 1/10 de la valeur de C_4 en microfarads.

Pour les mesures à faible tension, aux fréquences téléphoniques, il y a souvent intérêt à maintenir r_3 et r_4 constants, et à agir sur le condensateur étalon C_2.

Dans le cas d'intensités importantes, la résistance variable r_3 présente des difficultés de réalisation. Le pont de Schering est alors modifié suivant la figure 13. r_3 est remplacée par une association en parallèle de : une faible résistance fixe π, une résistance fixe r en série avec un fil à contact glissant δ et une résistance variable ρ. La résistance faible π supporte la plus grosse part d'intensité. La mise en équation du système ramène à la valeur $\operatorname{tg}\delta$ du cas précédent.

Aux fréquences radio-électriques, les difficultés sont considérables. L'emploi d'une hétérodyne et d'un amplificateur devient nécessaire pour garder de la sensibilité. Les mesures s'effectuent par l'évaluation de la différence de hauteur du battement produit par l'hétérodyne et la fréquence d'alimentation du pont.

Le gros avantage des méthodes en ponts, est qu'elles restent très faiblement influencées par les variations de tension, le point d'équilibre en étant, en général, pratiquement indépendant.

II. *Méthodes de substitution à la résonance.* — En raison de la simplicité des circuits à établir, ces méthodes conviennent particulièrement bien aux fréquences radio-électriques. Dans les cas où l'on n'exige pas une précision très rigoureuse, on utilise le schéma de la figure 14. La self-inductance L est couplée de manière constante et lâche avec un excitateur à haute fréquence dont on règle la pulsation de façon à réaliser la condition de résonance

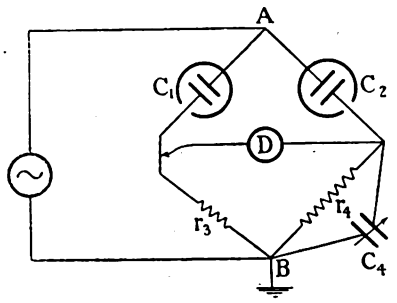


Fig. 12.

Pont de Schering pour la mesure des pertes d'énergie diélectriques.

$LC_x\omega^2 = 1$ dans le circuit de mesure, la résistance r étant hors circuit.

On lit l'indication fournie par l'appareil de mesure A qui peut être un galvanomètre avec thermo-couple, par exemple. Le diélectrique C_x est ensuite retiré du circuit et remplacé par un condensateur à air C, supposé parfaite, et réglé pour maintenir la condition de résonance. La résistance r est alors introduite en circuit pour ramener l'intensité lue sur A à la même valeur que précédemment. L'ensemble Cr est alors équivalent à C_x. La résistance r est généralement constituée par des fils très fins raccordés

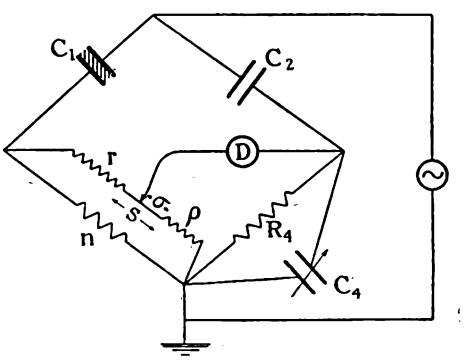


Fig. 13.

Mesure des courants de charge par le pont de Schering.

à des bornes en cuivre que l'on fait plonger dans des godets remplis de mercure. Un jeu de résistances de valeurs différentes facilite la manipulation. Schott utilisait, à titre de résistance variable, un dispositif variométrique dont la bobine mobile faite de fil très résistant, est en court-circuit sur elle-même. La résistance effective de cet ensemble varie d'une façon continue avec la position de la bobine.

Pour une plus grande précision dans les mesures, il est avantageux de procéder comme suit : C_x est introduit en circuit; la résonance est établie; on note les indications fournies par A pour différentes valeurs de r. La résis-

Digitized by Google

tance totale effective du circuit est évidemment donnée par : $I = \frac{E}{R+r}$, E étant la force électromotrice induite dans L, indépendante de r, et R la résistance effective du circuit, déduction de r. Le condensateur étalon est

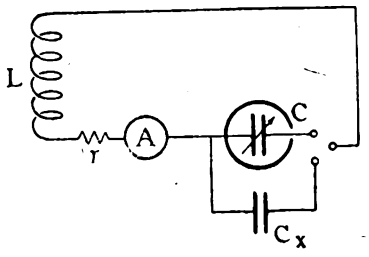


Fig. 14.
Mesure des pertes en haute fréquence par substitution simple.

alors substitué à C_x et les mêmes mesures sont répétées. La différence entre les 2 valeurs de R obtenues dans chaque série d'expériences, donne la valeur effective de la résistance du diélectrique C_x. Il est important d'éviter toute réaction entre les circuits de mesure et d'excitation. Les résistances r et le détecteur doivent être reliés à l'armature du condensateur réunie à la terre.

III. *Méthode du transformateur différentiel.* — Cette méthode convient également aux mesures en haute fréquence. Le transformateur différentiel (fig. 15) comporte un secondaire S et 2 primaires P_1 et P_2 absolument identiques, mais bobinés en sens inverse l'un de l'autre. Le condensateur à essayer C_x est branché en série avec un des enroulements primaire (P_2) et le condensateur étalon C avec sa résistance r, en série dans l'autre (P_1). L'intensité à haute fréquence se répartit également entre P_1 et P_2

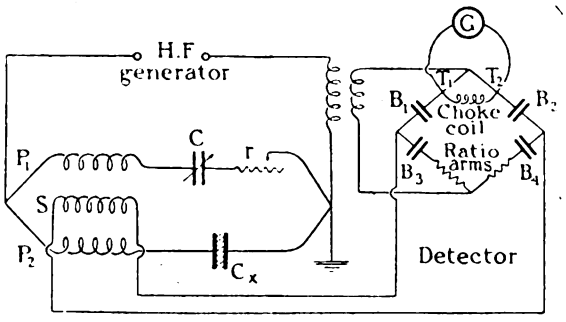


Fig. 15.
Mesure des pertes en haute fréquence par transformateur différentiel.

qui sont montés en dérivation. Il est évident que les intensités dérivées seront équivalentes et en phase lorsque l'ensemble C, r sera équivalent à l'éprouvette C_x. A ce moment le courant induit dans S est nul. La mesure s'effectue donc par les seuls réglages de C et de r. Le détecteur utilisé par Hund, dans ce genre d'essais, comporte deux soudures thermo-électriques T_1 et T_2 insérées dans les bras d'un pont à proportions de résistances équivalentes. B_1, B_2, B_3 et B_4 sont des condensateurs de blocage.

Le montage de la figure 15 indique que le galvanomètre G est sensible au produit scalaire des intensités fournies par le générateur à haute fréquence et le secondaire S du transformateur différentiel. Il n'indique donc pas seulement la condition de courant nul dans S; mais, par déphasage du courant d'alimentation du pont, il peut devenir sensible soit aux variations de C, soit à celles de r, en permettant une certaine indépendance des deux réglages.

d) *Méthodes d'évaluation de la distorsion de l'onde d'intensité.* — Thornton appliqua cette méthode en soumettant des capacités importantes constituées par des électrodes d'étain et le diélectrique à expérimenter, à une tension de fréquence 38. L'onde d'intensité était relevée à l'oscillographe électromagnétique; il en déduisait les courbes d' « hystérésis » et le facteur de puissance. Granier appliqua le même principe, sous des fréquences plus basses (1 per : sec), avec des dispositifs légèrement différents.

Shinton utilisa l'oscillographe cathodique dont un groupe de plateaux est soumis à une tension proportionnelle au courant traversant 2 échantillons identiques du diélectrique en essai, et, l'autre groupe, à la tension d'alimentation de ces échantillons. L'action simultanée de ces plateaux fait décrire au faisceau cathodique une ellipse dont la connaissance facile de sa surface permet de déduire le facteur de puissance du diélectrique avec une précision suffisante pour les besoins de la pratique. On connaît par ailleurs la tension à laquelle il est soumis et l'intensité qui le traverse.

On en tire facilement la puissance dissipée intérieurement.

Le tube de l'oscillographe doit être préalablement élevé pendant 3 ou 4 heures à une température de l'ordre de 350° C. dans le but d'évacuer les gaz absorbés par ses parois. Le vide reste ensuite constant pendant deux ans et même davantage. L'accumulation des charges sur le verre entourant la cathode peut être la cause de troubles. A cet égard, il est parfois utile de ne soumettre le tube à 350° C. que pendant une demi-heure, mais au détriment de la durée de son vide intérieur. Le relevé de l'ellipse sur l'écran s'obtient par photographie, en tenant compte, dans les calculs, de l'angle d'incidence de l'objectif par rapport à l'écran.

e) *Les électrodes.* — Les électrodes d'amenée de courant au diélectrique ne présentent pas de difficultés dans le cas de liquides. Dans le cas de solides on utilise généralement des feuilles d'étain. Cependant, comme Appleyard le montre le premier, un contact insuffisant de ces feuilles avec le diélectrique peut introduire des incertitudes dans la mesure de la résistance d'isolement. Le mercure conduit à des résultats plus stables. Bairsto montra que les erreurs dues à l'étain, si elles sont gênantes dans les mesures sous courant continu, deviennent négligeables sous courant alternatif, du fait du passage facile de ce courant par capacité. Pour éviter ces

Digitized by Google

difficultés de contacts, des essais ont été faits en laissant un entrefer d'air entre le diélectrique et ses électrodes. Dans certains cas (notamment à température élevée) le carbone peut remplacer le mercure. Les mesures sur le verre se font facilement avec des électrodes en plaques d'acier très bien dressées, qui portent sur le diélectrique auquel on a donné des surfaces optiques parfaitement planes.

Lorsque le diélectrique est souple, on peut constituer l'une de ses armatures par un jet de cuivre cylindrique sur lequel il est étroitement enroulé. Une feuille d'étain plaquée sur l'autre face, fournit la seconde armature. Pour les essais à hautes tensions on emploie fréquemment des disques de cuivre à arêtes très soigneusement arrondies. J. M.

DOCUMENTS OFFICIELS

ARRÊTÉ DU 30 AVRIL 1927

DÉTERMINANT

LES CONDITIONS TECHNIQUES

AUXQUELLES DOIVENT SATISFAIRE

LES DISTRIBUTIONS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

(*Journal Officiel du 25 Juillet 1927.*)

Le ministre des travaux publics et le ministre du commerce et de l'industrie,

Vu la loi du 15 juin 1906 (modifiée et complétée par les lois des 19 juillet 1922, 27 février 1925 et 15 juillet 1925, art. 228) sur les distributions d'énergie, et notamment l'article 19;

Vu l'avis du comité d'électricité en date du 9 juillet 1926;

Sur la proposition du conseiller d'État, directeur de la voirie routière, des forces hydrauliques et des distributions d'énergie électrique,

Arrêtent :

PRÉAMBULE

Le présent arrêté fixe les prescriptions relatives aux installations de distribution d'énergie électrique, qui comprennent :

1° Les ouvrages de distribution proprement dits;

2° Les ouvrages de traction électrique concernant :

a) L'alimentation depuis les sous-stations ou postes de transformation ou, lorsque le courant est fourni sans transformation, depuis la station génératrice jusqu'à la ligne de contact;

b) Les fils ou rails de contact, les conducteurs de suspension et conducteurs transversaux;

c) Les voies ferrées.

Les dispositions relatives aux ouvrages de distribution proprement dits s'appliquent également, sauf indication contraire, aux ouvrages d'alimentation.

Les antennes de radio-communication destinées aux services publics, les lignes télégraphiques, téléphoniques et de signaux sont désignées par l'expression unique « lignes de télécommunication ».

TITRE I

CHAPITRE I

Classement des ouvrages et prescriptions générales.

Art. 1er. — *Classement des ouvrages en trois catégories.* — Les ouvrages doivent comprendre des dispositifs de sécurité en rapport avec la plus grande tension de régime existant entre les conducteurs et la terre (1) aux points d'utilisation.

Suivant cette tension, les ouvrages sont divisés en trois catégories :

La première catégorie comprend :

A. — Pour courant continu, les ouvrages dans lesquels la plus grande tension de régime entre les conducteurs et la terre ne dépasse pas 600 v;

B. — Pour courants alternatifs;

B1. — Les ouvrages pour lesquels la plus grande tension efficace entre les conducteurs et la terre ne dépasse pas 150 v;

Et B2. — Ceux pour lesquels la plus grande tension efficace entre les conducteurs et la terre excède 150 v sans dépasser 250 v.

Deuxième catégorie. — La deuxième catégorie comprend les ouvrages où la tension dépasse les limites ci-dessus, sans atteindre 60 000 v en courant continu et 33 000 v en courant alternatif.

Troisième catégorie. — La troisième catégorie comprend les ouvrages où la tension égale ou dépasse 60 000 v en courant continu et 33 000 v en courant alternatif.

Art. 2. — *Prescriptions générales.* — Les dispositions techniques adoptées pour les ouvrages ainsi que les conditions de leur exécution et leur entretien doivent assurer d'une façon générale le maintien de l'écoulement des eaux, de l'accès des maisons et des propriétés, des télécommunications, de la sécurité et de la commodité de la circulation sur les voies publiques empruntées, la sauvegarde des plantations et des paysages, ainsi que la sécurité des services publics, celle du personnel de l'exploitation et des habitants des communes traversées.

CHAPITRE II

Dispositions communes aux trois catégories.

SECTION I

Canalisations aériennes.

Art. 3. — *Supports.* — § 1er. — Les supports en bois doivent être prémunis contre les actions de l'humidité et du sol.

Lorsqu'un poteau en bois est consolidé par un poteau jumeau ce dernier doit avoir la même longueur que le poteau jumelé.

§ 2. — Dans le cas où les supports non métalliques sont munis d'un fil de terre, ce fil est pourvu, sur une hauteur minimum de 3 m, à partir du sol, d'un dispositif le plaçant hors d'atteinte.

§ 3. — Tous les supports sont numérotés.

Art 4. — *Isolateurs.* — § 1er. — Les isolateurs doivent être établis suivant les règles de l'art et appropriés aux plus fortes tensions qu'ils auront à supporter en exploitation dans toutes les conditions climatériques à envisager.

§ 2. — Un isolateur, ou une chaîne d'isolateurs, soumis à une tension croissante, devra être franchi extérieurement

(1) Dans les distributions triphasées cette tension est évaluée par rapport au point neutre; elle est représentée par U_{eff}, la tension $\frac{U_{eff}}{\sqrt{3}}$ étant la tension efficace entre phases.

Digitized by Google

par l'étincelle sous une tension inférieure à celle qui correspond à la perforation de la matière isolante.

Art. 5. — *Conducteurs.* — § 1er. — Les conducteurs doivent être placés hors de la portée du public.

§ 2. — Le diamètre de l'âme métallique des conducteurs d'énergie non câblés ne peut être inférieur à 3 mm, ni leur charge de rupture inférieure à 280 kg, sauf le cas prévu au paragraphe 2 de l'article 55 ci-après.

En ce qui concerne les câbles, le diamètre limite autorisé dans chaque cas est celui qui donne la section utile et la résistance mécanique spécifiée à l'alinéa précédent.

§ 3. — Dans la traversée d'une route nationale ou départementale, d'un chemin de grande communication ou d'intérêt commun ou d'une voie de circulation établie sur les dépendances d'un port maritime, l'angle de la direction des conducteurs et de l'axe de la voie est égal au moins à 15 degrés pour les lignes et 30 degrés pour les branchements, à moins que les conducteurs ne soient établis le long d'une seconde voie publique traversant la première sous un angle moindre.

§ 4. — Dans les traversées des voies désignées au paragraphe précédent et les portées contiguës à cette traversée, il ne doit y avoir sur les conducteurs ni épissures, ni soudures; mais les manchons de jonction, à la condition de présenter une résistance mécanique au moins égale à celle du conducteur, sont autorisés dans les portées contiguës.

Les conducteurs sont arrêtés sur les isolateurs des supports de la traversée et sur les isolateurs des supports des portées contiguës.

Art. 6. — *Résistance mécaniques des ouvrages.* — § 1er. — Pour les conducteurs, supports, ferrures, la résistance mécanique est calculée en tenant compte à la fois des charges permanentes que les organes ont à supporter et de la plus défavorable des deux combinaisons de charges accidentelles résultant des circonstances ci-après :

A. — Température moyenne de la région avec vent horizontal de 120 kg de pression par mètre carré de surface plane ou 72 kg par mètre carré de section longitudinale des pièces à section circulaire.

B. — Température minimum de la région avec vent horizontal de 30 kg par mètre carré de surface plane ou de 18 kg par mètre carré de section longitudinale des pièces à section circulaire.

Les calculs justificatifs font ressortir le coefficient de sécurité de tous les éléments, c'est-à-dire le rapport entre l'effort correspondant à la charge de rupture de chaque élément et l'effort le plus grand auquel il peut être soumis.

§ 2. — Dans les cas où les supports sont munis de maçonneries de fondation, celles-ci sont établies suivant les règles de l'art.

Section II.

Canalisations souterraines.

Art. 7. — *Conditions générales d'établissement.* — § 1er. — Les canalisations souterraines en câbles doivent être en câbles des meilleurs modèles connus, avec chemise de plomb sans soudure; ces câbles doivent être essayés en usine sous une tension alternative efficace, de forme approximativement sinusoïdale et d'une fréquence comprise entre 20 et 60. Cette tension sera triple de la tension de service tant que celle-ci ne dépassera pas 20 000 v et égale à la tension de service majorée de 40 000 v lorsque la tension de service dépassera 20 000 v. La durée d'application sera de 30 minutes et la tension d'essai sera appliquée aussi bien entre les conducteurs (si le câble comporte plusieurs conducteurs distincts) qu'entre les conducteurs et l'enveloppe de plomb.

§ 2. — Les conducteurs souterrains doivent être protégés contre les avaries que pourraient leur occasionner le tassement des terres, le contact des corps durs et le choc des outils en cas de fouille.

Cette prescription ne s'applique pas aux câbles protégés par une armure d'acier.

§ 3. — Dans tous les cas où les conducteurs souterrains sont placés dans une enveloppe ou conduite métallique, ils sont isolés avec le même soin que s'ils étaient placés directement dans le sol.

§ 4. — Les galeries contenant des câbles sont établies de manière à éviter autant que possible l'introduction et surtout le séjour de l'eau.

Art. 8. — *Voisinage des conduites de gaz.* — Lorsque dans le voisinage de conducteurs d'énergie électrique placés dans une conduite, il existe des canalisations de gaz, les mesures nécessaires doivent être prises pour assurer la ventilation régulière de la conduite renfermant les câbles électriques et éviter l'accumulation des gaz.

Art. 9. — *Regards.* — Les regards affectés aux canalisations électriques ne doivent pas renfermer de tuyaux d'eau, de gaz ou d'air comprimé.

Dans le cas de canalisation en conducteurs nus, les regards sont disposés de manière à pouvoir être ventilés.

Les conducteurs d'énergie électrique sont convenablement isolés par rapport aux plaques de fermeture des regards.

Section III

Sous-stations, postes de transformation et installations diverses.

Art. 10. — *Prescriptions générales pour l'installation des moteurs et appareils divers.* — § 1er. — Toutes les pièces saillantes mobiles et autres parties dangereuses des machines, notamment des bielles, roues, volants, les courroies et câbles, les engrenages, les cylindres et cônes de friction ou tous autres organes de transmission qui seraient reconnus dangereux sont munis de dispositifs protecteurs, tels que gaines et chéneaux de bois ou de fer, tambours pour les courroies et les bielles ou de couvre-engrenages, garde-mains grillages, etc.

Sauf le cas d'arrêt du moteur, le maniement des courroies doit toujours être au moyen de systèmes tels que monte-courroie, porte-courroie, évitant l'emploi direct de la main.

On doit prendre, autant que possible, des dispositions telles qu'aucun ouvrier ne soit habituellement occupé à un travail quelconque, dans le plan de rotation et aux abords immédiats d'un volant ou de tout autre engin pesant et tournant à grande vitesse.

§ 2. — La mise en train et l'arrêt des machines sont toujours précédés d'un signal convenu.

§ 3. — Des dispositifs de sûreté sont installés dans la mesure du possible pour le nettoyage et le graissage des transmissions et mécanismes en marche.

§ 4. — Les monte-charges, ascenseurs, élévateurs sont guidés et disposés de manière que la voie de la cage du monte-charge et des contrepoids soit fermée; que la fermeture du puits à l'entrée des divers étages ou galeries s'effectue automatiquement; que rien ne puisse tomber du monte-charge dans le puits.

Pour les monte-charges destinés à transporter le personnel, la charge est calculée au tiers de la charge admise pour le transport des marchandises, et, les monte-charges sont pourvus de freins, chapeaux, parachutes ou autres appareils préservateurs.

Les appareils de levage portent l'indication du maximum de poids qu'ils peuvent soulever.

(*A suivre.*)

L'Editeur-Gérant : A. LAHURE.

94 899. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris. — 1927

Digitized by Google

36e Année. — N° 845. 10 Septembre 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTEUR EN CHEF
ALFRED SOULIER
Le 2e vendredi de chaque mois de 15 h. à 16 h.

ABONNEMENTS
Paris et Départements : 30 francs par an.
Union postale : 40 francs par an.

ADMINISTRATION
9, rue de Fleurus, 9. — (Paris VIe)
TÉLÉPHONE
Ségur 04-23 et Ségur 04-44.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction au Rédacteur en Chef, 9, rue de Fleurus.

Pour toute demande de numéros de L'Industrie Électrique *on est prié de joindre, à la demande, le montant de l'envoi, en timbres-poste ou en mandat postal.*

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — La surcharge et la détérioration des batteries de voitures automobiles. — Utilisation de l'énergie électrique dans les mines. — Les précautions sanitaires prises à l'usine hydro-électrique Martin Dam de l'Alabama power Co. — Les installations de redresseurs de courant fonctionnant sans surveillant. — Propulsion électrique des navires. — La quantité d'eau fournie par un bassin d'alimentation. — Les dommages causés aux installations télégraphiques et téléphoniques du Japon, par le tremblement de terre de 1925. — Une invention mirifique. . 385

SUR LE FONCTIONNEMENT DES MOTEURS ASYNCHRONES POLYPHASÉS A COUPLE CONSTANT. J. Bethenod. 389

LE REDRESSEUR A MERCURE TEL QUE LE VOIENT LES AMÉRICAINS. A. Z. 390

COMMENT PRODUIRE GRATUITEMENT UN KILOWATT-HEURE DE 3000 CALORIES. M. H. 392

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES ÉLECTRICIENS. 397

COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES. — Le champ magnétique terrestre et les propriétés électromagnétiques internes du globe, par M. Marcel Brillouin. — Sur la résistance électrique théorique au contact de deux sphères conductrices élastiques, abstraction faite de la couche de passage, par MM. Robert Esnault-Pelterie et Osée Marcus. — Sur l'effet Volta, par M. Emmanuel Dubois. Sur certaines particularités de la ferro-résonance, lorsque la résistance n'est pas négligeable, par M. Rouelle. 400

REVUE DE LA PRESSE. — *Magnétisme* : La viscosité magnétique. 402

ARRÊTÉ DU 30 AVRIL 1927 DÉTERMINANT LES CONDITIONS TECHNIQUES AUXQUELLES DOIVENT SATISFAIRE LES DISTRIBUTIONS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE (*suite*). 405

La reproduction des matières contenues dans L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE sans citation de ce journal est interdite.

Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus.

INFORMATIONS

La surcharge et la détérioration des batteries de voitures automobiles. — Il est assez curieux de constater que tandis que l'on perfectionne sans cesse les moteurs des voitures automobiles en même temps que l'on augmente le confort de celles-ci on néglige un de leurs plus précieux auxiliaires, la batterie d'accumulateurs.

Non seulement les automobilistes ne la soignent pas, mais encore les constructeurs de voitures oublient de prévoir ce qu'il faut pour en assurer la conservation.

C'est ainsi qu'aucune des nombreuses voitures de série sortant actuellement des ateliers ne contient de dispositif permettant d'arrêter la charge et éviter ainsi la surcharge des batteries qui leur est funeste. On se contente de recommander au client d'ajouter souvent de l'eau distillée, certains conseillent de décharger de temps en temps les batteries sur les lampes, d'autres sur le démarreur, alors qu'il est si simple de couper la charge une fois celle-ci réalisée.

Pour notre part, nous avons installé un dispositif fort simple qui consiste à ramener deux fils à un interrupteur sur le tablier permettant de couper l'excitation de la dynamo une fois la charge atteinte. Que l'on ne vienne pas dire qu'il se produit là une formidable étincelle de rupture, pouvant compromettre le bon fonctionnement de la machine, sur une dynamo de 6 volts ou de 12 volts, elle est à peine perceptible et n'offre aucun danger pour l'enroulement qui comporte peu de spires.

Ce procédé qui permet d'arrêter la charge dès que le voltmètre indique que la batterie est à point évite l'addition fréquente d'eau distillée par suite d'une électrolyse prolongée et surtout la peroxydation des plaques positives. Nous avons pu conserver ainsi des batteries pendant de longues années et être toujours sûr de disposer du courant normal de décharge. Le procédé est simple et à la portée de tout le monde, il nous a paru intéressant de le signaler. Notons en passant que l'éclairage des voitures de chemin de fer est autrement mieux soigné que l'éclairage des automobiles, tous les systèmes, en usage actuellement, comportent un dispositif diminuant le courant de charge dès que la batterie atteint une tension bien définie ; on arrive ainsi à ne pas avoir d'électrolyse inutile ni de peroxydation des plaques positives. A. S.

Digitized by Google

Utilisation de l'énergie électrique dans les mines. — Tandis que les mines françaises possèdent de fort belles centrales et de magnifiques installations d'extraction il n'y a rien ou à peu près dans les installations du fond à cause de la présence possible du grisou. Cependant l'étude de l'emploi de l'électricité dans les mines grisouteuses commence à être envisagé. Dernièrement, M. Audibert a exposé l'état de la question devant la *Société française des Electriciens*, voici le résumé de sa communication :

M. Audibert s'est efforcé de poser nettement, devant les électriciens français, le problème de l'utilisation de l'électricité dans les travaux du fond et d'en fixer les limites — limites qui doivent satisfaire aux conditions indispensables de sécurité.

L'électricité n'est pas utilisée dans les mines du Nord de la France.

Elle l'est peu en Allemagne, assez largement en Angleterre, et sur une vaste échelle aux États-Unis. Cela tient à la fois à des raisons techniques et administratives.

Actuellement les règlements français proscrivent formellement l'emploi de l'électricité dans les mines grisouteuses. Les règlements anglais sanctionnent des faits et prescrivent des précautions spéciales. Les règlements allemands autorisent l'emploi du courant électrique dans certains cas.

Toutefois, pour tenir compte des récents progrès effectués par les constructeurs de matériel électrique minier, l'Administration française a décidé de procéder à une revision de ses règlements.

Pour qu'une catastrophe se produise dans une mine, il faut généralement deux conditions : l'existence d'une cause d'inflammation et celle d'un milieu capable de la propager. Les ingénieurs des mines, pour se protéger contre les accidents, appliquent le principe de la « superposition des sécurités », qui consiste à prendre les mesures nécessaires pour rendre aussi faible que possible la probabilité de chacun des événements concomitants.

Pour éviter la formation d'un milieu de propagation, on établit la ventilation de façon que le volume d'air envoyé soit cent fois supérieur à celui qui serait nécessaire pour rendre inoffensif le dégagement normal de grisou de la mine. Cette précaution ne peut, toutefois, préserver des soufflages ou des dégagements brusques volumineux.

Il ne suffit pas de faire passer dans la mine une certaine quantité d'air, il faut également que cet air balaie efficacement tous les ouvrages en exploitation ; on procède donc à un réglage au moyen de toiles et de portes, mais la moindre négligence du personnel peut détruire tout le système et le rendre sans effet. Même si toutes les précautions sont prises, on ne pourra ventiler les nombreux rentrants de la mine, qui constituent autant de niches à grison.

Dans le Nord de la France, on se trouve en présence de couches irrégulières, fortement inclinées, se prêtant au clivetage ; l'outil d'abatage indiqué est le marteau piqueur, pour lequel la commande d'air comprimé s'impose.

Dans le cas où les couches sont régulières, peu inclinées, formées de charbon compact et avec toit solide, sans risque d'éboulement, l'emploi de la haveuse permet d'augmenter considérablement le rendement.

Aux États-Unis, 70 pour 100 des mines (et 20 pour 100 en Angleterre) se prêtent au havage.

Le transport du charbon depuis les zones d'abatage jusqu'aux galeries de desserte des recettes se fait, soit par des plans inclinés, soit par des bures. Il est intéressant d'entraîner les treuils de ces ouvrages au moyen de moteurs électriques, à la condition que ces moteurs soient placés à l'étage supérieur desservi et qui est le mieux aéré.

Le roulage dans les galeries horizontales de desserte des recettes se fait au moyen de locomotives.

Quand on peut éviter l'emploi de la locomotive à air comprimé, la meilleure solution est d'employer la locomotive à accumulateurs dans les galeries de taille, et la locomotive à trolley, qui se prête mieux aux forts débits, dans les galeries bien aérées où les dangers dus aux étincelles ne sont pas à craindre.

Tous les ventilateurs auxiliaires du fond peuvent être commandés électriquement, à la condition que le ventilateur soit soufflant et placé à un endroit non grisouteux.

Toutes les pompes peuvent être commandées électriquement, à condition d'adapter des moteurs hermétiquement clos pour les faibles puissances (60 ch) et des moteurs à fenêtres protégées pour les puissances plus élevées.

Dans tous les cas on s'abstiendra d'employer l'électricité dans les tailles.

Au sujet des graves inconvénients qu'aurait l'emploi dans les mines grisouteuses d'appareils électriques même parfaitement au point, M. Audibert signale entre autres :

1° L'atmosphère détériore rapidement les appareils;

2° L'obscurité favorise les fausses manœuvres ;

3° Les mouvements de l'ouvrier abîment le matériel;

4° La suppression de la sécurité si le réajustement d'un couvercle après démontage est imparfait (la sécurité des appareils électriques étant obtenue par l'étanchéité) ;

5° La rupture possible de câbles de courant, par chocs ou coups, ce qui occasionne les conséquences désastreuses dues à l'amorçage d'arcs.

Les précautions sanitaires prises à l'usine hydro-électrique Martin Dam de l'Alabama power C°. (*Elektrotechnik und Maschinenbau.*) — L'Alabama power C° a fait installer sur la rivière de Tallaposa à environ 60 km, au nord-est de Montgomery un bassin d'accumulation, desservant l'usine de Martin Dam, pour venir en aide, pendant les périodes de forte charge, à ses autres usines. Un barrage de 48 m de hauteur et d'une longueur en couronne, de 230 m, permet l'accumulation de 1685 millions de m³ cubes d'eau, pour un abaissement du niveau de 18 mètres, ce qui pour une hauteur de chute moyenne de 40 m représente une accumulation d'énergie de 150 millions de kw-h.

Pour lutter contre la malaria, la société à pris les dispositions suivantes : l'eau potable est constamment analysée et à l'époque de la ponte des moustiques on verse, tous les 10 jours, 1600 hl d'huile sur le bassin d'accumulation (ce qui représente une couche de 1 centième de mm d'huile); ce procédé dont l'efficacité a été reconnue doit se renouveler toutes les années. F. L.

Les installations de redresseurs de courant fonctionnant sans surveillant. (*Elektrotechnik und Maschinenbau* du 24 avril). — D'après M. W. Walty, les installations de redresseurs de courant fonctionnant sans l'intervention d'un surveillant devant rester sur place, présentent l'avantage d'une économie de personnel; mais en outre elles peuvent être disposées à proximité des points où la consommation de courant est la plus importante, de sorte que la longueur des canalisations d'alimentation est réduite, et les pertes dans ces dernières diminuées. Ces considérations conduiront, avec le temps, à abandonner le système actuel, des sous-stations de transformation. Les redresseurs à vapeur de mercure, dont la mise en fonctionnement est très simple, conviennent parfaitement pour une telle installation et on en compte déjà un grand nombre en service. Il suffit d'inspecter sommairement ces installations, tous les 4 jours, et de les contrôler soigneusement, environ, deux fois par mois.

Les appareils nécessaires pour le service d'une telle installation sont actuellement tout à fait au point et peuvent être disposés pour tous les genres d'exploitation. Les dépenses supplémentaires d'installation sont peu importantes vis-à-vis de l'économie réalisée sur le personnel et sont amorties en

Digitized by Google

peu de temps. Les conditions dans lesquelles doivent se faire la mise en marche et l'arrêt des installations ou des groupes de convertisseurs sont les suivants :

a) L'installation est constamment en service, ou bien mise en marche ou arrêtée à certaines heures par une horloge de commande; *b*) l'installation est mise en marche ou arrêtée, suivant l'état de la température du groupe voisin; *c*) l'installation est commandée à distance par un surveillant; *d*) l'installation est automatiquement mise en marche, quand la tension du réseau diminue et arrêtée quand l'intensité du courant fourni par les redresseurs baisse; *e*) un groupe est mis en marche quand il se produit un dérangement dans le groupe voisin.

Tous les appareils de commande sont munis d'avertisseurs qui indiquent leur non-fonctionnement; par exemple quand le dispositif qui fait ouvrir l'interrupteur à huile, dans le cas où le débit du redresseur dépasse une certaine limite, a fonctionné; au bout d'un temps déterminé l'interrupteur ferme et, si à ce moment la cause de l'augmentation du débit n'a pas cessé, l'interrupteur est de nouveau ouvert et un signal est actionné. F. L.

Propulsion électrique des navires. (*Elektrotechnik und Maschinenbau.*) — Dans une étude sur l'emploi de l'énergie électrique pour la propulsion des navires, M. W.-V. Vivian, de Berlin, parle tout d'abord de la question des sous-marins, où l'on est obligé d'employer pour la propulsion sous l'eau des batteries d'accumulateurs, qui sont rechargées au moyen de moteurs Diesel, pendant que le sous-marin navigue en surface. L'inconvénient est que l'air est vicié par l'hydrogène et l'acide sulfurique émanant des accumulateurs. La variation du nombre de tours à la minute s'effectue en mettant en série et en parallèle, des portions de la batterie, ainsi que les moteurs et par variation du champ inducteur de ces derniers. Les moteurs, à cause de l'impureté de l'air, doivent être complètement renfermés et ventilés artificiellement. Un avantage est que les moteurs Diesel n'ont pas besoin d'un dispositif de démarrage, la génératrice alimentée par la batterie fonctionnant à ce moment comme moteur.

A part quelques variations dues à l'état de la mer et à la position du gouvernail, le moment de rotation de l'hélice et la puissance absorbée sont proportionnels à la troisième puissance de la vitesse. Le couple de rotation, lors de la mise en marche d'une hélice, est en général moindre que le couple normal; mais par contre il y a surcharge lorsque le navire doit décrire une courbe de faible rayon; les moteurs actionnant les hélices placées à l'intérieur de la courbe sont fortement surchargés, tandis que ceux des hélices disposées à l'extérieur de la courbe sont moins chargées que lors de la marche en ligne droite.

Lors de l'arrêt du navire, pendant lequel on doit faire tourner les hélices, en sens inverse, à pleine vitesse, les moteurs peuvent être surchargés de 100 pour 100; c'est ce que l'on a constaté sur le paquebot « Cuba » muni de moteurs synchrones d'une puissance de 3000 ch. Lors de cet essai, les hélices ont été arrêtées au bout de 2,5 secondes; 7,5 secondes après elles tournaient en sens inverse à pleine vitesse, et, au bout de 140 secondes, le navire était immobile.

Quant à la nature du courant à employer, au point de vue de la simplicité des variations de vitesse et du renversement du sens de rotation des moteurs, c'est le courant continu qui est préférable. Tous les réglages et tous les changements de marche s'effectuent sans dépense d'énergie, en faisant varier le champ inducteur des excitatrices des différents moteurs. Dans le cas de vitesses modérées on peut arriver à obtenir une bonne commutation, avec une tension atteignant 1800 v. Pour des vitesses très grandes, et surtout au point de vue d'une installation économique, dans le cas de puissance élevée, on doit employer du courant triphasé de 2000 à 5000 v. Dans ce cas, les moteurs sont lourds et d'un prix élevé, à cause du grand nombre de pôles, et avec des moteurs d'induction le facteur de puissance est mauvais. Il faut de fortes résistances de démarrage, à moins que l'on ne préfère employer un rotor à double cage d'écureuil genre Boucherot. La variation du nombre de tours s'effectue en changeant le nombre de pôles des moteurs et aussi la fréquence du courant. Le changement de fréquence est également utilisé lors du démarrage des moteurs synchrones; la fréquence du générateur est réduite à un tiers de la normale, et les moteurs démarrent comme moteurs asynchrones, au moyen de leurs enroulements amortisseurs. F. L.

La quantité d'eau fournie par un bassin d'alimentation. (*Elektrotechnik und Maschinenbau.*) — La quantité d'eau qui s'écoule de l'unité de surface d'un bassin d'alimentation dépend de la hauteur de l'eau tombée annuellement, de la forme du terrain, de sa nature et de la végétation. Si h est la hauteur, en millimètres de l'eau qui tombe dans une année et H la hauteur moyenne en mètres du bassin d'alimentation, d'après Rehbock qui s'est beaucoup occupé de la question, on a en moyenne :

$$h = 630 + 0{,}81\,H.$$

Le rapport de la quantité d'eau qui s'écoule à la quantité tombée, est d'autant plus grand que le sol est plus imperméable, que l'altitude est plus élevée, que la pente est plus accusée, le terrain moins recouvert de végétation et la température plus basse. A la suite de longues pluies, les terrains perméables ne laissent plus passer l'eau et la quantité d'eau qui coule augmente.

L'évaporation annuelle est de 0,32 à 1,16 litre par hectare elle est augmentée par la température, le rayonnement du soleil (qui dépend de l'exposition du terrain, le vent et la végétation).

D'après Kresnik, le débit maximum Q, en litres par seconde, par km², d'un bassin d'alimentation ayant une surface de S km², est :

$$Q = \frac{30}{0{,}5 + \sqrt{S}}.$$

D'après Keller, si h est la hauteur en millimètres de l'eau tombée annuellement et Q_m le débit moyen en litres par seconde par km² de bassin d'alimentation, on a :

$$Q_m = \frac{0{,}884\,h - 460}{31{,}54} \quad \text{pour des terrains en plaine.}$$

$$Q_m = \frac{0{,}942\,h - 405}{31{,}54} \quad \text{pour un peu accidentés avec collines.}$$

$$Q_m = \frac{h - 350}{31{,}54} \quad \text{dans les montagnes.}$$

D'après Tskowski, ce débit est donné par la relation :

$$Q_m = 31{,}71\,.\,h\,.\,c.$$

c étant égal à 0,65 pour la haute montagne, à 0,5 pour les pays montagneux, à 0,35 pour les pays de collines et à 0,25 pour les pays de plaines.

Le débit en basses eaux d'après Francis, dans les pays montagneux, est de 2 à 4 litres par seconde et par km², de 2 litres par seconde dans les pays accidentés et de 1,6 litre dans les pays de plaine. F. L.

Les dommages causés aux installations télégraphiques et téléphoniques du Japon, par le tremblement de terre de 1925. (*Elektrotechnik und Maschinenbau.*) — M. Samnosuke Irrada vient de publier, dans les mémoires de la société des Ingénieurs électriciens japonais, un rapport sur les dommages causés, par le tremblement de terre de 1925, aux

Digitized by Google

installations télégraphiques et téléphoniques, qui complète celui consacré aux installations à fort courant dont nous avons donné un résumé.

Des 23 installations télégraphiques de Tokio, et de sa banlieue, 13 ont été fortement endommagées, et dans la province de Kanawaga, située entre Tokio et Yokohama, sur 8 installations, 7 ont été détruites. Tout le trafic intérieur et international a été interrompu.

Les 550 lignes, aboutissant au poste central de Tokio, étaient en contact entre elles ou mises à la terre, les batteries étaient détruites et le personnel a pu avec beaucoup de peine échapper à la mort. Le câble allant à Yokohama était coupé, aucune ligne aérienne n'avait pu résister. Le câble sous-marin, reliant le Japon à l'Amérique, était coupé en 6 endroits, dont 4 dans la baie de Tokio à environ 600 m de profondeur, les deux autres à une distance d'environ 183 km, l'un à 1300, l'autre à 2000 m de profondeur. En 8 jours, on établit, dans le bureau principal de Tokio, un poste provisoire, permettant de communiquer télégraphiquement avec 6 des principaux points du Japon et le 11 novembre, 6 semaines après le tremblement de terre, l'ancien central télégraphique, avec 65 lignes, était de nouveau en service.

A Yokohama, les choses ont été pires, car beaucoup d'employés ont été tués ou blessés et les bâtiments ont été fortement endommagés. Cependant le 12 septembre, on ouvrit dans la gare du chemin de fer de Kanawaga, à proximité de la ville, une station pour un trafic réduit.

Le trafic dans les contrées voisines, non atteintes, avait augmenté considérablement. Ainsi à Osaka, le nombre des dépêches avait doublé à la suite de la catastrophe.

En ce qui concerne les centrales téléphoniques Yokohama a le plus souffert; la centrale Honkyoku a été complètement détruite et plusieurs employés tués. Toutes les autres centrales ont été mises hors service. A Tokio les bâtiments de 2 centraux ont été endommagés, et les 14 autres ont brûlé, ainsi que tous les appareils qu'ils contenaient. Au moment du tremblement de terre, les pupitres de distribution se déplacèrent, les câbles se tordirent et ondulèrent, les appareils de relais s'inclinèrent, les batteries s'effondrèrent.

Pendant que l'on essayait aussitôt de remettre en état les stations, des incendies éclatèrent partout. Les rues étaient pleines de gens qui fuyaient et il était impossible d'effectuer aucun transport. Les dommages dans les diverses stations étaient très différents, les unes étaient complètement détruites, les autres à peine atteintes. Plusieurs des récipients en verre des batteries d'accumulateurs se brisèrent; les bacs en bois des grandes batteries résistèrent, mais beaucoup de séparateurs en verre furent brisés et des court-circuits entre plaques se produisirent.

Les machines, grâce à leurs bonnes fondations, ont été épargnées.

Chez les abonnés de nombreux appareils ont été brisés ou ont brûlé.

A Tokio plus de la moitié du réseau a été détruit, et à Yokohama il l'a été presque entièrement.

Quant aux lignes interurbaines, celle de Tokio-Yokohama a été endommagée de manière à ne pouvoir être réparée. Un câble que l'on était en train d'ajouter à cette ligne, longue de 900 km, a brûlé, les tambours à câble, qui se trouvaient le long de la ligne sont restés intacts, tandis que ceux qui se trouvaient à Tokio ont brûlé. Sur cette ligne, 47 caniveaux, 3000 m de revêtement en béton et 8000 m de tuyaux en acier ont été détruits. A la traversée des ponts à Tokio, les câbles étaient placés en dessous, protégés par des tuyaux en acier.

Par suite du déplacement des 2 rives, les tuyaux se brisèrent aux têtes de pont, les gaines de plomb se fendirent de sorte que les âmes seules restèrent intactes. Plusieurs ponts brûlèrent en entier et sur d'autres les câbles seuls brûlèrent, car des bateaux qui étaient venus s'abriter sous ces ponts pour chercher un refuge contre les flammèches les cendres brûlantes prirent feu.

La plupart des caniveaux en maçonnerie, dans lesquels étaient placés les câbles, se sont fendus et la disposition de ces fentes montrait que les maçonneries avaient été soumises à des secousses dans la direction horizontale.

Sur les 20 stations existantes, de télégraphie et de téléphonie sans fil, 6 ont été complètement détruites, mais ce n'étaient que des installations d'études, de sorte que tout d'abord les stations militaires ainsi que l'installation destinée à l'instruction des employés, ont pu continuer le service. Mais le lendemain matin celles-ci brûlèrent et il ne resta que deux pylônes d'acier. Au moment où le tremblement de terre se produisit on était en train de procéder à des essais, pour les communications avec le Nord de la Chine. Les installations nécessaires à ces essais furent détruites, un instant avant que le tremblement de terre soit ressenti, On peut attribuer ce fait à des ébranlements de l'antenne, cependant auparavant on n'avait constaté aucun dérangement lors des plus violents orages. Peu après l'incendie on put rétablir la communication entre Tokio et Nokano, et le lendemain entre les navires de guerre ancrés à Yokohama et Tokio et les autres stations du pays, mais celles-ci se gênèrent mutuellement jusqu'à ce que l'on eût réglementé les longueurs d'ondes.

Les principales précautions à prendre sont : le remplacement des maçonneries par du bêton armé, aussi bien pour les constructions que pour les caniveaux; remplacer autant que possible les lignes aériennes par des câbles et n'utiliser que des poteaux en fer ou en béton armé, ne pas disposer les éléments batteries d'accumulateurs les uns au-dessus des autres et recouvrir d'ébonite les plaques de verre; les groupes pour la recharge des accumulateurs doivent être disposés dans des locaux à l'abri du feu et les fondations doivent être particulièrement soignées, il est préférable d'utiliser pour les groupes des moteurs à combustion; les magasins dans lesquels on conserve le matériel de réserve doivent être installés dans des bâtiments pouvant résister aux tremblements de terre et au feu, et ils doivent être décentralisés. F. L.

Une invention mirifique. — Il y avait longtemps que les journaux quotidiens ne nous avaient pas annoncé quelque nouveau mouvement perpétuel ou une nouvelle machine à produire l'électricité sans frais. Voici heureusement une bonne nouvelle, l'invention est trouvée, qu'on en juge :

« On mande de Sao-Paulo (Brésil) qu'un prêtre italien fixé dans cette ville vient d'inventer un nouvel appareil appelé « autogoni-motrice électrique » (*sic*), qui est destiné à remplacer le combustible qui jusqu'à présent était considéré comme indispensable pour actionner n'importe quel moteur mécanique.

« L'appareil est par lui-même générateur d'électricité. Il fonctionne à base d'une magnéto mécanique capable de produire n'importe quelle force.

« On peut l'appliquer aux automobiles, aux avions, aux bateaux, aux trains et en général à tous les moyens de transport.

« L'inventeur, qui est le Père Antonio d'Angelo, a pris un brevet pour le monde entier.

« Les essais auxquels il s'est livré en présence de techniciens auraient donné d'excellents résultats. »

Comprenne qui pourra, heureusement l'invention nous vient de loin comme les canards sauvages. Si après cela on s'inquiète de voir s'épuiser les gisements de pétrole et de charbon, on aura bien tort, Gageons qu'on réussira avec cela à former une société au capital de $n + 1$ millions puisés dans la bourse des gogos!

Digitized by Google

SUR LE

FONCTIONNEMENT DES MOTEURS ASYNCHRONES

POLYPHASÉS A COUPLE CONSTANT

Le fonctionnement des moteurs asynchrones polyphasés alimentés sous tension constante a déjà formé le sujet de nombreuses études, parmi lesquelles il convient de rappeler au premier rang les beaux travaux de M. A. Blondel. Dans certaines applications, telles que la traction électrique par courants triphasés, la tension d'alimentation ne peut pourtant pas être maintenue constante; si l'on se reporte par exemple à un article de M. Maurice d'Aste paru ailleurs (1), l'on vérifie qu'une chute de tension de 13 pour 100 est fréquente avec les locomotives à courant triphasé. Il est donc intéressant, dans de pareils cas, de pouvoir prévoir les conditions de la marche *sous tension variable* d'un moteur asynchrone soumis à un régime de charge déterminé; parmi ces régimes, celui du fonctionnement à couple constant se présente immédiatement à l'esprit, car il correspond notamment, dans le cas de traction, aussi bien au démarrage à accélération constante, qu'à la circulation du train à pleine vitesse sur un profil donné.

Notations. — Désignons donc, suivant les notations de M. Blondel, par :

$\vec{U}_1$, la tension vectorielle primaire;

I_1, I_2, les courants vectoriels primaire et secondaire;

λ_1, λ_2, les self-inductances vectorielles totales correspondantes;

Ω, la vitesse de pulsation du courant primaire;

ω, la vitesse angulaire du moteur, supposé à $2p$ pôles;

σ, le coefficient de dispersion, égal d'après la définition usuelle, à $1 - \frac{1}{v_1 v_2}$, en désignant par v_1 et v_2 les coefficients de fuites d'Hopkinson, relatifs respectivement au stator et au rotor.

D'après le diagramme circulaire obtenu en négligeant l'effet de la résistance ohmique primaire, le couple C du moteur s'exprime immédiatement en *watts-synchrones* par la relation

$$C = \frac{U_1^2}{\lambda_1 \Omega} (1 - \sigma) \sin\beta \cos\beta, \tag{1}$$

l'angle β étant tel que

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\sigma \lambda_2 (\Omega - p\omega)}{R_2}, \tag{2}$$

et R_2 représentant la résistance ohmique secondaire.

En posant donc

$$\begin{cases} U_1 \cos\beta = x \\ U_1 \sin\beta = y, \end{cases} \tag{3}$$

l'équation (1) s'écrit :

$$C = \frac{1 - \sigma}{\lambda_1 \Omega} yx. \tag{4}$$

Pour un couple C donné, l'égalité (4) établit entre x et y une relation qui se traduit graphiquement, en coordonnées rectangulaires, par une hyperbole équilatère (fig. 1). Cette courbe, étant tracée pour chaque valeur intéressante du couple, permet d'obtenir immédiatement

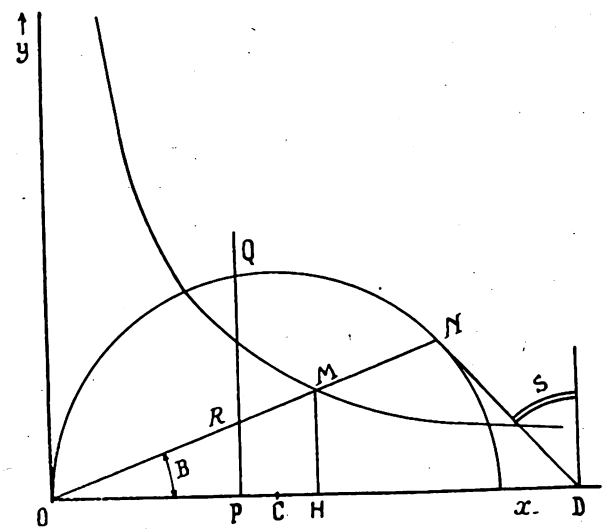


Fig. 1.
Diagramme de fonctionnement.

le glissement correspondant à une certaine tension primaire U_1.

De la figure 1, on tire en effet :

$$\overline{OH} = x$$
$$\overline{HM} = y$$

d'où, d'après (3) :

$$\operatorname{tg}\widehat{HOM} = \frac{y}{x} = \operatorname{tg}\beta = \frac{\sigma \lambda_2 (\Omega - p\omega)}{R_2},$$

et

$$\overline{OM} = \sqrt{\overline{OH}^2 + \overline{MH}^2} = \sqrt{x^2 + y^2} = U_1.$$

Ainsi donc, lorsqu'on aura tracé, d'après (4), l'hyperbole relative à un couple C donné, l'on déterminera immédiatement, pour toute valeur de $U_1 = \overline{OM}$, le glissement $g = \frac{\Omega - p\omega}{\Omega}$ en mesurant directement $\operatorname{tg}\widehat{HOM}$ en PR, sur une échelle arbitraire telle que PQ (fig. 1) tracée parallèlement à l'axe Oy.

On constate de suite qu'une valeur unique de U_1 peut entraîner théoriquement deux valeurs possibles pour g; il est évident que le seul fonctionnement stable est celui pour lequel une augmentation de U_1 produit une diminution du glissement g.

L'angle β correspondant est ainsi toujours inférieur à $\frac{\pi}{4}$, résultat qui pouvait être prévu *a priori*, le couple maxi-

(1) *La Lumière Électrique*, tome XXVIII, 2e série, n° 2, 16 janvier 1915, p. 34-35.

Digitized by Google

mum étant obtenu, comme connu [voir formule (1)] pour un glissement tel que $\operatorname{tg}\beta = 1$.

Quant au facteur de puissance $\cos\varphi$ afférent à chaque tension U_1, il est facile à obtenir en remarquant qu'en fonction du glissement g, il est défini par la relation classique,

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{1 + \frac{1-\sigma}{\sigma}\sin^2\beta}{\frac{1-\sigma}{\sigma}\sin\beta\cos\beta}, \qquad (5)$$

facile à déduire du diagramme circulaire classique Behrend-Blondel-Heyland. Cette expression est susceptible d'une interprétation graphique très simple :

Traçons en effet avec C comme centre une circonférence de diamètre $\overline{OC} = \frac{1-\sigma}{\sigma}$, et joignons le point N, situé sur le prolongement de OM, à un point fixe D tel que $\overline{OD} = \frac{1}{\sigma}$. On vérifie immédiatement que l'angle φ est égal à l'angle que fait $\overline{DN}$ avec la normale en D à l'axe Ox. On constate ainsi qu'à partir d'une certaine tension, facile à évaluer, le facteur de puissance *diminue* lorsque la tension U_1 *augmente*.

J. Bethenod.

LE REDRESSEUR A MERCURE

TEL QUE LE VOIENT LES AMÉRICAINS

On aurait pu sous ce titre consacrer au redresseur à mercure, il y a deux lustres et même un seul, une étude inspirée des travaux américains et qui aurait représenté le succès des appareils Brown-Boveri en Europe comme un cas pathologique inexplicable pour les esprits pratiques qui peuplent le Nouveau Monde.

Il est entendu qu'à cette époque, encore si rapprochée de nous pourtant, le redresseur à mercure n'était destiné à conserver aux yeux des Américains qu'un nombre d'applications assez limité, caractérisées toutes par la petite puissance unitaire donnée aux appareils ; et les grosses unités destinées à l'industrie, à la traction, devaient être sans conteste les machines tournantes dites commutatrices, que d'ailleurs les Américains avaient portées à un degré de perfection rare.

Aujourd'hui, les manifestations des industries et des sociétés savantes américaines permettent de se rendre compte de profonds changements dans l'état d'esprit des techniciens du Nouveau Monde.

Après avoir traité comme une impossibilité pratique l'avènement du redresseur à mercure à cuve métallique, les constructeurs américains se sont émus de voir que des concurrents européens, d'ailleurs les mêmes partout, offraient leurs redresseurs à la clientèle américaine, qu'en certains cas celle-ci se laissait tenter, que des essais s'organisaient et que des commandes même s'enregistraient.

Malgré la répugnance qu'inspirait aux ingénieurs des grandes firmes américaines l'étude du nouveau venu, il devenait donc pour eux impossible de le bouder davantage et de le méconnaître plus longtemps.

Sans doute, l'étude à faire pour établir un type national de redresseur à mercure (quelque chose d'aussi représentatif que le fut dans son centre le moteur Liberty enfanté aux États-Unis, alors en guerre) était des plus laborieuses et des plus risquées. Il devait en coûter beaucoup de dollars à ceux qui l'entreprendraient, et le succès ne couronnerait leurs efforts qu'après l'opiniâtre examen de nombreux problèmes et la recherche ininterrompue des solutions susceptibles de les mieux résoudre.

C'est tout cela qu'on devine en lisant entre les lignes les mémoires et communications consacrées aux redresseurs à mercure par les techniciens américains, soit dans la presse scientifique ou technique, soit dans les Congrès d'où ce paria a été si longtemps exclu mais où il est maintenant, suivant l'Évangile nouveau, évoqué à chaque occasion, entre initiés, en attendant l'heure où, triomphant des derniers doutes, il deviendra, si les circonstances le permettent, le favori des clients et constructeurs, ou comme on dit là-bas « le Lion de la Société ».

C'est à ces réflexions que s'est abandonné notre esprit dès l'instant où, dans notre abri battu des flots incléments, le facteur est venu interrompre nos vacances, en nous remettant le Bulletin de juillet du *Journal of the American Institute of Electrical Engineers*.

En voyant figurer, à la place d'honneur dans ce fascicule, l'article consacré par D. C. P. Prince à l'étude des phénomènes qui se produisent dans l'arc redresseur au mercure, en notant que l'auteur avait convié les membres du *Congrès d'Été de l'Institute*, réunis du 20 au 24 juin à Detroit, à se pencher avec lui sur le mémoire que lui avait inspiré ce capricieux appareil, nous n'avons plus nourri aucun doute à l'égard du revirement dont celui-ci va désormais bénéficier aux États-Unis.

S'il s'en montre digne, le redresseur à mercure vivra de beaux jours en ce Nouveau Monde, et nous verrons peut-être la technique se renouveler à la suite des efforts que les ingénieurs américains se sont imposés pour dissiper toutes les brumes dont s'enveloppait pour eux la théorie et la pratique de ce redoutable instrument de torture. Il convenait de marquer d'une note vigoureuse la volte-face dont on trouve le témoignage dans l'article de D. C. Prince.

Le lisant en vacances, à petite distance de la Potinière et des orages marins, nous ne le commenterons que de la façon la plus sommaire. Mais le jour est sans doute proche où, cédant la parole à un chef d'école de grande valeur, D. C. Prince s'effacera devant Langmuir et permettra à cet admirable créateur de rénover le sujet et de doter la littérature technique d'un travail lumineux sur le redresseur à mercure.

Avouons avec Prince qu'il en est vraiment besoin, et

Digitized by Google

que le contraste est étrange entre le caractère de haute technicité de cet appareil et l'ingénuité des publications qui lui ont été jusqu'ici consacrées.

On est tenté de croire que, dans l'esprit de ceux qui avaient acquis la science profonde des phénomènes et des propriétés caractérisant le redresseur, des préoccupations d'ordre industriel ou commercial ont largement primé le désir d'instruire leurs concurrents et leurs clients. Avec leur libéralité d'esprit bien connue, les Américains paraissent disposés à pratiquer une autre politique, si complètement opposée à celle de la porte fermée qu'on serait déjà tenté de croire que la porte est ouverte du seul fait de la publication de l'étude consacrée par D. C. Prince au redresseur à mercure.

Étant cependant d'avis, après une lecture hâtive et tourmentée de cette étude, que la porte n'est encore qu'entr'ouverte et que les archives américaines n'ont pas livré leurs secrets, nous attendrons sagement qu'il en soit ainsi, et nous souhaitons n'attendre pas trop longtemps le complément de ce premier travail.

On en trouverait les sources et la saine inspiration dans deux ouvrages qui sont jusqu'ici restés hors de pair : l'un est le fameux traité de J. J. Thompson consacré à la *Conduction de l'Electricité à travers les gaz*. L'autre, également en langue anglaise, mais moins connu en France que le précédent, est l'ouvrage que J. L. Townsend a intitulé l'*Électricité dans les gaz*.

Ajoutons que, devant la carence presque totale des sources de documentation par ailleurs bien informées, mais déplorablement pauvres en renseignements relatifs aux redresseurs à mercure, D. C. Prince n'a pas hésité à consulter les polyglottes et polygraphes, et qu'il a fait d'utiles emprunts à Schottky, dont on connaît les travaux sur l'émission électronique par cathode froide sous gradients de tension élevés, à *Gunther Schulze* (*Zeitschrift für Physik*, vol. 11, tome 2, de 1922) et à d'autres recueils tels qu'*Engineering Progress* d'août 1923).

Le fonctionnement normal du redresseur à mercure s'explique naturellement par le fait que, d'une cathode en mercure renfermée dans le vide en présence d'une ou plusieurs anodes chargées électriquement, les électrons sont arrachés par l'effet des charges positives des anodes.

Aucune inversion de polarité n'est à craindre aussi longtemps que les anodes en question demeurent incapables de dégager elles-mêmes des électrons. Ici intervient donc le redoutable danger de l'inversion de polarité, origine de violents court-circuits, qui n'est lui-même possible qu'au cas où intervient l'effet dit « de Schottky », c'est-à-dire l'émission par une paroi froide, ou au cas où les anodes ne seraient pas efficacement protégées contre une élévation de température rendant possible l'émission par elles d'électrons susceptibles d'assurer au tube une conductibilité de sens opposé à sa conductibilité normale unilatérale.

Une fois émis par la cathode, dans l'atmosphère purement mercurielle du redresseur, les électrons primaires entrent en collision avec des molécules mercurielles et leur arrachent un électron en les ionisant. De chaque molécule ionisée reste un ion positif, qu'attire la cathode, et qui contribue à créer un gradient élevé de charge spatiale, contribuant à arracher les électrons de la cathode lors même que la surface de celle-ci est encore froide.

D'ailleurs, cet état initial se modifie, et le choc des ions à la surface du mercure l'échauffe et produit une notable quantité de vapeur de mercure. La pression de cette vapeur s'établit bientôt à une telle valeur que les électrons n'ont qu'un chemin extrêmement court à franchir pour entrer en collision avec les molécules de mercure. Ainsi s'explique l'action très localisée, très voisine de la cathode, qu'un petit nombre de volts permet d'exercer sur celle-ci ; alors que, pour être aussi énergique, l'action exigerait un gradient de l'ordre de 1 million de volts par centimètre si elle intéressait une zone de rayon appréciable au lieu de se limiter à la zone extrêmement mince avoisinant la cathode.

Quelques chiffres sont à retenir pour mémoire.

D'abord la *surface de la tache cathodique*, qui pour chaque ampère transporté doit être de $2{,}5 \times 10^{-4}$ cm².

Puis la *vitesse de déplacement de cette tache* par le soufflage de la vapeur, qui paraît être de l'ordre de 10 m par seconde.

Quant à la *température de la tache*, maintes fois discutée par les techniciens que nul ne départageait ; elle serait serait seulement de 600° C. (sa faible valeur étant très aisément vérifiable par le fait que son spectre est non pas continu comme celui d'un corps chaud, mais à bandes ou raies caractéristiques).

La *pression de vapeur* est d'environ 2,58 atmosphères, dont 0,78 due à l'évaporation du mercure et 1,8 due à l'afflux des ions positifs.

A cette pression correspond un *libre parcours moyen* de l'ordre de $3{,}76 \times 10^{-6}$ près de la surface.

La *chute cathodique* est d'environ 9 v, et, comme elle s'applique au libre parcours moyen particulièrement infime qu'on vient de citer, elle correspond à une tension considérable sur une distance de l'ordre du centimètre, une simple division indiquant que le *gradient de potentiel atteint par cm le chiffre formidable* (*et d'ailleurs approximatif mais non moins éloquent*) *de* 2,5 *millions de volts environ*.

On peut mesurer le *danger d'inversion de polarité*, au cas où les anodes resteraient froides, par les déductions tirées des travaux de Schottky sur l'effet qui porte son nom, c'est-à-dire l'arrachement des électrons d'une anode froide sous l'effet d'un gradient élevé de potentiel. Si la surface anodique était parfaitement plane, il ne faudrait pas moins de 40 millions de volts par cm comme gradient effectif ; et si on admet que la surface de la cathode offre des irrégularités telles que des saillies ou creux de diamètre moléculaire, on est conduit à penser que l'arrachement pourrait se faire sous l'action d'un gradient effectif de 2,5 à 3 millions de volts. L'activité de l'évaporation se mesure au chiffre de 7,2 milligrammes représentant le

Digitized by Google

poids de mercure vaporisé par seconde et par ampère débité.

Les *électrons représentent 56 pour 100 de l'intensité du courant à la cathode, les autres 44 pour 100 étant dus aux ions* qui se déplacent vers cette cathode.

Mais si on s'éloigne de la surface de la cathode, on trouve une répartition bien différente des effets des ions et des électrons, en raison des caractéristiques essentiellement différentes de vitesses, de masses et de charges des électrons et des ions : est-il besoins de rappeler que l'*électron a une masse de* $9\ 10^{-28}\ g$ et porte une *charge de* $1{,}59\ 10^{-19}$ *coulombs ;* tandis *qu'un ion portant la même charge* a une masse incomparablement plus élevée de $5{,}3\ 10^{-22}$ g.

Quant aux vitesses, elles sont inversement proportionnelles aux racines carrées des masses des deux éléments, c'est-à-dire 600 *fois plus pour la vitesse de l'électron que pour celle communiquée à l'ion mercure dans le même champ électrique.*

La *tension d'ionisation de la vapeur de mercure est de* 10,4 *v ;* mais toute l'énergie n'a pas besoin d'être communiquée en une seule collision.

Sur le mécanisme des actions en jeu dans le redresseur, sur la conduction dont il est le siège, sur les résultats constatés dans des mesures de pressions et de températures que l'exceptionnelle valeur créatrice de Langmuir paraît avoir marquées de son sceau, nous reviendrons, pour un nouvel article, dès que Langmuir aura fait connaître une part des travaux qu'on devine en lisant D. Prince.

Au besoin nous relirons le travail de celui-ci et nous en retiendrons, après les chiffres ci-dessus qui offrent d'intéressants rappels et de nouvelles précisions, une *étude de l'inversion de polarité qui a été ingénieusement conduite et interprétée.*

Cet examen se justifie d'autant mieux qu'après avoir été longtemps sceptiques et méfiants à l'égard du redresseur à vapeur de mercure, les auteurs que nous citons lui font confiance et paraissent admettre qu'il est appelé à un brillant avenir aux États-Unis, en concurrence naturellement avec la commutatrice qui n'a jamais cessé de se perfectionner et d'affermir le prestige que lui valent les milliers d'installations et les millions de kilowatts, réalisés avec plein succès dans les exploitations publiques et industrielles de l'Ancien et du Nouveau Monde.

Il y a cependant une ombre au tableau, car on n'est pas encore bien certain que les redresseurs à mercure n'introduisent pas des harmoniques sur le réseau qui les alimente étant donné que l'on constate une déformation de la courbe du courant.

A. Z.

COMMENT PRODUIRE GRATUITEMENT
UN KILOWATT-HEURE DE 3000 CALORIES

Il est particulièrement intéressant d'entendre un directeur d'usines centrales parler de produire gratuitement un kilowatt-heure en utilisant toutes les ressources de la technique moderne. C'est pourquoi l'exposé qu'on va lire de la communication de M. Henry, directeur des centrales électriques des Flandres, a-t-elle retenu particulièrement l'attention de ceux qui ont eu le privilège de l'entendre à la séance du 2 avril de la Société française des Electriciens.

I. — Historique de l'emploi des hautes pressions et de la surchauffe.

La consommation normale type (satisfaisant pleinement le producteur d'avant-guerre) était de 1 kg de charbon par kw-h; telle était la production d'un kw-h de 6000 à 7000 calories. Les super-centrales d'après-guerre, augmentant progressivement la pression et la surchauffe de la vapeur, en des unités de plus en plus puissantes, firent descendre successivement la courbe des calories par kilowatt-heure à :

5500 calories pour 25 kg : cm² et 350° C. de surchauffe;
4500 calories pour 42 kg : cm² et 375° C. de surchauffe;
4000 calories pour 42 kg : cm² et 400° C. de surchauffe;
3500 calories pour 50 kg : cm² et 450° C. de surchauffe.

Les pressions croissantes jusqu'à la pression critique de 224,4 kg : cm² ont permis de descendre à 3000 calories, et la courbe des calories tendra vers un chiffre asymptote de 2000 calories par kw-h.

Cette économie dans la génération de l'énergie électrique est obtenue par une augmentation de rendement de tous les cycles en jeu, mais surtout grâce aux hautes pressions et hautes surchauffes, appliquées en centrales électriques modernes (1).

L'historique des progrès de la pression de vapeur, au cours d'un siècle et demi, montre que les pressions s'élèvent, depuis la pression atmosphérique ou d'une fraction d'atmosphère utilisée dans la machine de Watt, jusqu'à la pression critique de 224,4 kg : cm² de la chaudière Benson.

L'historique de la surchauffe rappelle qu'en 1827, il y a exactement cent ans, les premiers essais de surchauffe industriels furent appliqués aux machines à vapeur par Becker à Strasbourg, par Richard Trevithick à une machine des mines de Cornouailles.

Watt traita Richard Trevithick « d'assassin » pour avoir osé proposer de monter la pression des chaudières

(1) Communication de M. Henry à la *Société Française des Electriciens*. Séance du 2 avril 1927.

Digitized by Google

de locomotives à 60 livres par pouce carré, soit 4,25 kg : cm²; de plus, Watt tenta d'obtenir du gouvernement une loi défendant l'emploi de la vapeur à des pressions aussi « dangereuses ».

En 1801, Evans dicta la loi d'économie des hautes pressions dans son manuel de *L'Ingénieur mécanicien et constructeur de machines à vapeur* en ces termes : « L'expérience prouve que, si quatre boisseaux de charbon produisent de la vapeur à une atmosphère, cinq boisseaux suffiront pour la produire à deux atmosphères (bien entendu en disposant de la même quantité d'eau et dans le même temps) et huit boisseaux dans les mêmes conditions donneront de la vapeur à 16 atmosphères ».

En 1824, en déduction de principes à cette époque encore erronés, Sadi Carnot, dans son célèbre mémoire *Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance*, cette admirable genèse de la thermodynamique, écrivait :

« La puissance motrice d'une chute d'eau dépend de sa hauteur et de la quantité du liquide; la puissance motrice de la chaleur dépend aussi de la quantité de calorique employé et de ce qu'on pourrait nommer, de ce que nous appellerons, en effet, la hauteur de sa chute, c'est-à-dire de la différence de température des corps entre lesquels se fait l'échange du calorique ».

Il aura fallu un siècle pour réaliser les espoirs de rendement industriel que prédisait le cycle de Carnot.

Cependant déjà, à cette époque, des réalisateurs s'essayaient à mettre en application la production de vapeur à haute pression, précisément à 50 kg : cm².

Perkins, un graveur sur cuivre de Philadelphie, vint en Angleterre où il obtint son premier brevet anglais en décembre 1822. La nouvelle méthode de production de vapeur consistait à remplir entièrement d'eau un réservoir en bronze timbré à 35 atmosphères, qu'on chauffait loin au delà de la température d'évaporation, pour produire par brusque détente une formation subite de vapeur.

La force de la vapeur fut mise en évidence pour le public étonné, par le fait qu'on tirait, au moyen de cette « vapeur poudre », des projectiles au travers de fortes tôles.

On parla sérieusement de chaudières « Perkins » transportables pour remplacer les anciens canons à poudre en temps de guerre. Perkins construisit des joints métalliques en divers alliages, utilisa un graissage au graphite et chercha de toutes façons à faciliter le développement de sa machine. Ce fut en vain.

Vers 1850, un autre pionnier de la haute pression, Alban, réalisa également la pression de 50 atmosphères, mais il trouva avec peine un constructeur de machines pour 8 à 10 atmosphères.

En 1855, Hirn publia les résultats de ses essais du Logelbach et son célèbre mémoire révéla les avantages industriels de la surchauffe; la première de ses conclusions fait comprendre clairement que « l'augmentation du volume de la vapeur par la surchauffe, conduit à une diminution de dépense de vapeur et par suite de combustible ». En 1876, G. A. Hirn publia son *Exposition analytique et expérimentale de la théorie mécanique de la chaleur* d'où nous extrayons le passage suivant :

« Nul doute qu'on arrivera dans un avenir assez prochain à recourir à des pressions notablement plus élevées que celles qu'on ose aborder aujourd'hui; mais allât-on jusqu'à 10 atmosphères, ce qui est une pression colossale au point de vue de la résistance des matériaux et de la construction des générateurs, on n'aurait encore qu'une température de 180° C. et par conséquent un travail de 169 kgm par calorie avec une machine parfaite, effet qu'en réalité, on n'atteindra pas même de moitié. L'addition d'une température supplémentaire sans changement de pression, l'emploi de la surchauffe, obvie en partie, mais seulement en partie à cette défectuosité. »

Les quelques tentatives des constructeurs de chaudières, de surchauffeurs et de machines à vapeur — Serpolet, Seguin, Schmidt notamment — utilisant la pression de 60 kg : cm² et des surchauffes de 300° C, échouèrent par défaut de construction, par mauvaise qualité des huiles, par manque de matériaux adéquats.

Pressions et surchauffes se limitèrent, et les machines à vapeur à multiple expansion devinrent les machines économiques de la fin du siècle dernier.

La turbine fit renaître les applications de la surchauffe. Un essai de haute pression marqua les débuts de la turbine, De Laval réalisa en 1897 une turbine à 100 atmosphères, 550° C., machine qui permit à Blomquist l'essai en 1923 de sa chaudière « Atmos » à tubes rotatifs à une pression de l'ordre de 50 à 60 kg : cm².

Aujourd'hui, à la turbine monocylindrique succède la turbine à plusieurs corps de détente successive, rappelant ainsi les développements de la machine à piston.

La pression à l'admission des turbines de grande puissance est poussée aussi loin que possible et, à défaut, elle est au préalable détendue dans une turbine d'amont de faible puissance, fonctionnant à une pression inacceptable pour la turbine d'aval de grande puissance. La surchauffe atteint 450° C. et plus, les matériaux ayant passé le stade de l'expérience. La vitesse économique de 3000 t : min est maintenue pour des puissances de l'ordre de 55 000 kw.

Dans l'installation de semblables turbines à haute pression comportant une turbine d'amont et une turbine basse pression, l'eau d'alimentation étant chauffée par soutirage de vapeur à 200° C., le vide étant de 96,7 pour 100, la pression d'admission atteignant 50 à 100 kg : cm², la température étant de l'ordre de 450° C. à 480° C., la consommation de vapeur par hw-h (vapeur de chauffage déduite) de l'ordre de 3,35 kg (les calories nécessaires par kw-h y compris le réchauffage de l'eau d'alimentation sont de l'ordre de 2550 à 2500 par kw-h), le rendement est de 34,6 à 36,7 et le rendement global de l'installation (le rendement de chaudière étant de 82 pour 100) atteint 28,5 à 30 pour 100.

Digitized by Google

L'outil de production du kw-h à 3000 calories est donc pratiquement réalisé.

II. — Installations modernes.

Les constructeurs ont surmonté les difficultés techniques que suscita l'adaptation de leurs chaudières et turbines aux exigences des hautes pressions et hautes surchauffes. Des concepts nouveaux se firent jour pour devancer les progrès réalisés en quelques années d'efforts.

1° Installations d'essai. — Il y a lieu de signaler les innovations introduites par Blomquist, Löffler, Schmidt et Benson.

En 1921, la raffinerie de sucre « Carnegie » à Gothenburg, a installé une chaudière « Atmos » pour une pression de 50 à 60 atmosphères avec turbine « De Laval ».

Cette chaudière, imaginée par l'ingénieur suédois Blomquist, a été construite par la Compagnie « Aktiebolaget Atmos » de Stockholm et a travaillé pendant deux ans; une autre chaudière « Atmos » à 100-110 kg : cm² a été commandée.

La chaudière pour 60 atmosphères se compose de 6 tubes rotatifs de 305 mm de diamètre extérieur et de 10,5 mm d'épaisseur. La longueur exposée au feu est de 2,5 m, la vitesse de rotation de 330 t : min.

Pour la pression de 110 atmosphères il n'y a qu'une rangée de tubes d'un diamètre de 250 m, l'épaisseur des parois est de 15 mm.

Grâce à la force centrifuge, l'eau est constamment en contact avec la paroi : la vapeur est recueillie à l'extrémité dans un tube concentrique formant pivot. La pression sur les parois du tube rotatif est, par suite de la force centrifuge, un peu supérieure à celle qui règne dans le tube de prise de vapeur. Cette différence de pression est utilisée pour le réglage de l'alimentation en eau de façon à assurer une épaisseur de 30 à 50 mm d'eau dans tous les tubes rotatifs. La surface de chauffe étant complètement immergée, il est permis d'atteindre un taux de vaporisation fort élevé de l'ordre de 500 à 400 kg par heure et par m² de surface de chauffe.

Les pompes d'alimentation, partie importante de l'installation, consistent en six minces plongeurs commandés par engrenage et manivelle. Le régulateur d'alimentation assure un excès d'eau. La chaudière « Atmos » de Gothenburg est combinée avec une chaudière ordinaire qui absorbe la chaleur restant dans les gaz chauds. Elle alimente une petite turbine « De Laval » construite par la « Dampfturbinengesellschaft De Laval » à Stockholm et qui fonctionne à une pression de 50 atmosphères à la vanne d'admission et une contre-pression de 2 atmosphères. Elle comporte cinq roues en bout d'arbre, et tourne à 6000 t : min (1). Il existe en outre un générateur « Atmos » à quatre rotors en Suède, dans une fabrique de cellulose.

(1) V. D. I. Bücher Hochdruckdampf von O. H. Hartmann 1295.

Une installation de chaudières « Atmos » à huit rotors, en vue d'actionner une turbine de 1000 kw à 10 500 t : min à la pression de 100 kg : cm² est en montage aux usines de la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques à Mulhouse. Cette Société s'est attachée à surmonter les difficultés de rendement industriel de la chaudière à tubes rotatifs.

Des essais ont été faits à Floridsdorf près de Vienne en 1925, sur une installation imaginée par le professeur Löffler de Charlottenburg, dont le générateur de vapeur fonctionna à la pression de 100 atmosphères et à 400° C. température de la vapeur surchauffée.

Dans le but d'éviter des difficultés de construction et le danger d'explosion, le ballon en acier ordinaire est placé en dehors de la chambre de combustion. Les seuls organes exposés directement au gaz du foyer sont les tubes du surchauffeur de faible diamètre en acier Martin.

L'eau préalablement chauffée dans l'économiseur est vaporisée par injection de vapeur surchauffée. La vapeur saturée ainsi produite est aspirée par un compresseur qui la refoule au surchauffeur. A la sortie de celui-ci, la vapeur à haute pression et à la température de surchauffe est dirigée d'une part vers le bouilleur et d'autre part vers les appareils d'utilisation.

Une chaudière auxiliaire à pression modérée fournit la vapeur nécessaire à la mise en charge de l'installation.

Les incrustations et, par conséquent aussi, les coups de feu dans les faisceaux tubulaires ne sont pas à craindre, ceux-ci ne recevant que la vapeur.

L'épaisseur des parois du bouilleur est seulement la moitié de celle que l'on devrait donner à un corps de mêmes dimensions soumis à la même pression, mais qui serait percé des ouvertures nécessaires au raccordement d'un faisceau tubulaire. Ce mode de génération de vapeur ne convient évidemment que pour les pressions très élevées; le système ne semble pas applicable à des pressions inférieures à 50 kg : cm². Aux pressions moyennes, la densité de la vapeur est faible, ce qui obligerait à donner au compresseur des dimensions excessives.

Ce nouveau procédé a reçu la sanction de la pratique dans une chaufferie de la Fabrique de Locomotives à Vienne.

Une installation Löffler de 18000 kw à 120 kg : cm² et 550° C. serait en construction pour les usines de Witkowitz (Moravie). La turbine « Erste Brunner Maschinenfabrik » ne doit consommer que 3,4 kg de vapeur par kw-h et l'on estime qu'une unité produisant 5600 kw n'occupera pas plus de place qu'une ancienne unité produisant 2000 kw à pression moyenne.

La Schmidtschen Heissdempgesellschaft à Cassel Wilhelmshohe a mis à l'essai une installation à 60 kg : cm² dans laquelle la vapeur haute à pression est également obtenue par chauffage intermédiaire dans un réservoir séparé complètement de la chambre de combustion.

Dans ce système, la vapeur surchauffée circule dans un

Digitized by Google

faisceau tubulaire placé à l'intérieur du ballon de la chaudière, et successivement, sans pompes, en cycle fermé, du réchauffeur au surchauffeur; puis, vers le faisceau de chauffage produisant la vaporisation dans le ballon et enfin par un réchauffeur d'eau d'alimentation. La vapeur à haute pression est surchauffée dans un faisceau tubulaire indépendant. Ce système diffère du générateur Löffler par l'absence de la complication qui résulte de l'installation d'un compresseur de vapeur.

Cycle de Benson. — Les essais faits par Benson pour l'obtention de l'extrême limite d'augmentation de la pression de la vapeur d'eau, c'est-à-dire pour l'obtention de la pression critique (224,4 kg : cm²), ont été réalisés d'abord en laboratoire à Rugby en Angleterre. Les résultats encourageants de cette première installation décidèrent la firme Siemens Schuckert à construire des générateurs « Benson » en vue d'une exploitation industrielle.

L'idée fondamentale était de transformer une vieille chaudière à tubes d'eau en générateur Benson. On éleva les tubes d'eau de l'ancienne chaudière en glissant sous ceux-ci un faisceau horizontal constituant la partie à haute pression, l'ancienne chaudière étant utilisée comme économiseur.

Le cycle initial de Benson fut quelque peu modifié :

La vaporisation s'effectue à la pression critique. Au point critique, le volume croît à tel point que l'eau se transforme en vapeur sans absorber de chaleur de vaporisation. La vapeur, surchauffée à 400° C., est détendue à 100 atmosphères, soit par laminage, soit par chute de pression continue dans un surchauffeur. Dans la turbine, elle se détend de 100 atmosphères et 400° C. à 12 kg : cm² pour être surchauffée ensuite jusque 320° C. dans un surchauffeur intermédiaire. Une dernière détente a lieu dans une turbine d'aval jusqu'à la pression absolue du condenseur.

La turbine est du type Zoelly construite par Escher Wyss; elle tourne à 10 000 t : min et développe une puissance de 800 kw. La consommation auxiliaire nécessitée par les pompes atteint environ 3 à 4 pour 100.

A la câblerie de Siemensstadt, on monte actuellement un générateur Benson dont la forme rappelle celle d'une bouteille des dimensions d'un Cowper. Le générateur fonctionnera au charbon pulvérisé et pourra produire 50 000 kg de vapeur à l'heure. La chambre de combustion est cylindrique et tapissée d'un rideau de tubes formant écran d'eau, ces tubes sont recourbés à leurs extrémités inférieures et supérieures. Les gaz traversent l'espace annulaire dans lequel sont aménagés les différents surchauffeurs et réchauffeurs d'air. La vaporisation prévue est de l'ordre de 100 kg : m².

Le rendement thermique du cycle de Benson, avec réchauffage d'eau d'alimentation par prélèvement de vapeur aux turbines, pourra atteindre 33 pour 100 en comptant respectivement sur un rendement de 90 pour 100 pour le générateur, 80 pour 100 pour la turbine d'aval et 70 pour 100 pour la turbine haute pression d'amont.

La consommation de vapeur serait alors environ de 3,5 kg : kw-h et la consommation par kw-h atteindrait 3000 calories.

Ces tentatives tiennent du domaine de l'expérience et ne sont pas de pratique courante.

2° Installations de centrales électriques à haute pression et haute surchauffe (pressions supérieures à 50 atm). — « The Edison Electric Illuminating Company » de Boston, a construit une centrale à Weymouth, baptisée récemment « Edgar Station ».

Une chaudière à 84 kg : cm² à tubes d'eau de 50 mm de diamètre et 4,5 m de longueur, dont le collecteur de vapeur a un diamètre de 1228 mm et une épaisseur de parois de 102 mm, alimente à 71 kg : cm² et 370° C. une turbine de 5000 kw. La contre-pression de celle-ci est de 26 kg : cm². Le corps cylindrique de cette chaudière a été obtenu par forgeage à la presse d'un lingot d'acier laminé. C'est un mode de construction coûteux, qui élève sensiblement le prix de revient de l'appareil. La vapeur est réchauffée dans un surchauffeur intermédiaire, placé dans la même chaudière, à la température initiale de 370° C. et alimente la turbine basse pression dont la puissance est de 30 000 kw.

L'eau d'alimentation, chauffée à 105° C. dans un économiseur, est désaérée Cette installation transforme 25,1 pour 100 de la chaleur totale en énergie électrique. Ceci correspondrait à une consommation de 3430 cal : kw-h ou approximativement à 0,450 kg de charbon.

La station de Weymouth marche d'une façon satisfaisante.

Une installation semblable est en ce moment en construction à Lakeside Milwaukee (Wisconsin).

L'installation de Weymouth a fait l'objet de nombreuses descriptions, elle semble avoir la même origine que l'installation de Langerbrugge, dont les caractéristiques premières étaient identiques. Ici, la pression a été réduite, mais la surchauffe a été élevée afin d'éviter le surchauffeur indépendant.

L'installation à haute pression de la Centrale de Langerbrugge a été imposée à l'emplacement exact de l'installation primitive à 14,5 kg : cm² de pression, sans le moindre travail de démolition.

Trois chaudières et deux turbo-alternateurs de 2000 kw ont été remplacés par trois chaudières haute pression et un groupe turbo-alternateur de 1750 kw ainsi qu'un groupe normal de 6600 kw à la pression de 20 kg : cm². Cette installation comporte :

Trois chaudières Babcock et Wilcox ayant pour caractéristiques :

Timbre en kg par cm²	56
Surface de chauffe en m² :	
— chaudière	440
— surchauffeur	119
— réchauffeur d'air	445
— grille en m²	9,1
Température de la vapeur surchauffée en degrés centigrades	450
Vaporisation en kg par heure	12000

Digitized by Google

Ces chaudières n'ont pas d'économiseurs. L'eau d'alimentation est chauffée à 196° C. dans trois réchauffeurs à prélèvement de vapeur, placés en série au refoulement de la pompe d'alimentation. Le ballon de la chaudière est en tôles rivées de 38 mm d'épaisseur ; il a 1065 m de diamètre et 4,45 m de longueur. Le surchauffeur comporte 126 tubes d'acier sans soudure, courbés en V, de 25-38 mm, mandrinés à leurs extrémités à des boîtes cylindriques en acier forgé placées en dehors de la chambre de combustion. Le surchauffeur est placé immédiatement au-dessus des tubes de coup de feu, en contact direct avec les gaz chauds, sans l'interposition d'aucune chicane. Les tubes sont facilement interchangeables.

Chaque chaudière est placée sous le contrôle d'une soupape double de sûreté à ressorts « Cockburn et Mac Nicoll » placée sur le ballon, et d'une soupape simple placée sur la sortie du surchauffeur.

L'air, chauffé à 200° C., est amené entre les deux brins de la grille dans cinq compartiments en fonte à registres permettant de régler la combustion.

La grille est à mouvement épicyclique et présente huit vitesses de marche.

L'alimentation en eau de la chaudière se fait automatiquement par l'appareil « Copes ».

La turbine d'amont Brown Boveri est compoundée avec une turbine d'aval du type habituel construit par B B. C.

Caractéristiques des turbines d'amont et d'aval :

	TURBINE d'amont.	TURBINE d'aval.
Puissance en kilowatts	1750	6600
Nombre de tours par minute. . . .	8000 : 1500	3000
Pression de la vapeur à la vanne d'admission en kg par cm². . .	50	20
Température en degrés centigrades	442	325
Contre-pression en kg par cm² . .	20	

La turbine comporte deux corps en acier coulé, dans chacun desquels tournent deux roues d'action ayant 57 cm de diamètre moyen. Les arbres flexibles tournent à 8000 t : min, vitesse angulaire réduite à 1500 t : min par un engrenage réducteur. L'injection est totale, ce qui présente l'avantage de supprimer une cause de production de vibrations. Les ailettages, le disque et la garniture des chambres sont en acier spécial.

La tuyauterie est en acier, elle a été coudée à la presse hydraulique. Les brides sont vissées, mandrinées, soudées et boulonnées par des boulons spéciaux mis à serrage précis pendant le montage.

Le système de réchauffage de l'eau d'alimentation comporte trois réchauffeurs à vapeur : le premier reçoit de la vapeur d'échappement provenant des boîtes d'étanchéité de la turbine haute pression et la vapeur d'échappement de la turbine actionnant la pompe d'alimentation (pression 67 kg : cm², débit 50 m³ : h).

Le deuxième réchauffeur reçoit de la vapeur à 5 kg : cm² soutirée de la chambre d'action de la turbine à basse pression, et le troisième reçoit de la vapeur à 20 kg : cm² provenant de l'échappement de la turbine d'amont.

L'eau de condensation des réchauffeurs I, II, III est introduite dans le cycle par une pompe auxiliaire, de sorte que les calories qu'elle contient sont récupérées.

Le rendement garanti de l'installation des turbines d'amont et d'aval est de 28 pour 100, il fut dépassé de 1/2 pour 100 lors des essais en février 1926.

Le rendement industriel journalier, déduit du poids de charbon consommé par kilowatt-heure, varie de 19 à 25 pour 100.

La consommation industrielle de charbon varie de 0,540 à 0,650 kg : kw-h, ce qui correspond donc à 3800 à 4500 cal : kw-h, le pouvoir calorifique du charbon étant de 7000 calories.

L'application récente de la haute pression aux installations de la Cie de Bradford, prouve que l'idée d'augmenter le rendement des centrales thermiques par ce moyen se généralise, et qu'après le succès de Langerbrugge, la confiance l'emporte sur la routine.

On prépare actuellement, à cette importante centrale, l'installation d'une turbine d'amont à haute pression, de 2500 kw, alimentée par une chaudière produisant 56 000 kg de vapeur à l'heure à la pression de 77 kg : cm² et à 527° C. de surchauffe. Cette turbine comporte également deux corps, mais diffère de celle installée à Langerbrugge, par le fait que les roues ne sont pas en porte à faux. Les arbres tournent à la vitesse de 6000 t : min réduite à 1000 t : min par un engrenage réducteur.

La vapeur d'échappement, sortant de la turbine d'amont à 16,5 kg : cm² et 272° C., va au collecteur général de vapeur à basse pression qui alimente les turbines d'aval et se mélange à la vapeur fournie par les chaudières à basse pression à 14 : cm² et à 372° C.

La vapeur d'échappement de la turbine d'amont est donc réchauffée par mélange à la vapeur provenant des chaudières à basse pression.

A Langerbugge, après un an de service de la turbine à haute pression, l'étude de l'application du cycle à haute pression et à réchauffage fut envisagée pour toute la Centrale.

La nouvelle installation comportera trois chaudières à foyers mécaniques, produisant chacune 45000 kg de vapeur à l'heure à la pression de 56 kg : cm² et à 450° C. Une turbine d'amont à haute pression de 6600 kw, à un corps, à 3000 t : min, alimentera en pleine charge trois turbines d'aval existantes, de 6600 kw chacune. La pression de la vapeur à l'admission de la turbine d'amont sera de 50 atmosphères effectives et la température de la vapeur surchauffée de 442° C. ; la contre-pression sera de 21,5 atmosphères absolues. La vapeur d'échappement des boîtes étanches à labyrinthes sera utilisée pour le chauffage de l'eau d'alimentation. Celle-ci sera chauffée à 190° C. en trois étages dans des réchauffeurs recevant de la vapeur d'échappement de la turbine d'amont.

Digitized by Google

Le rendement de cette installation atteindra, comme pour celle en marche depuis près d'un an et demi, le chiffre de 28,5 pour 100.

Signalons, comme particularité de ce système que, pour les charges partielles, les turbines d'aval fermeront leurs soupapes successivement de telle manière que si la charge totale, par exemple, est réduite aux 2/3, l'une des trois turbines d'aval soit complètement arrêtée.

Lorsque cette installation sera réalisée, la Centrale de Langerbrugge sera une centrale à haute pression dont le rendement thermique industriel (déduit du poids de charbon consommé par kilowatt-heure) sera de l'ordre de 22 à 23 pour 100.

(*A suivre.*) M. H.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES ÉLECTRICIENS

Séance du 6 juillet 1927.

La recherche scientifique dans l'industrie, en dehors des laboratoires. — *La Société française des Électriciens a eu l'heureuse idée de faire exposer par son éminent vice-président* M. Maurice Leblanc *la question de la recherche scientifique dans l'industrie. Nul ne pouvait être mieux qualifié que* M. Leblanc *pour traiter cet important sujet, aussi cette séance fut-elle remarquablement intéressante. La discussion qui suivit à laquelle prirent part des savants et des ingénieurs, permit de se rendre compte de ce qui avait été fait dans cette voie et de ce qui restait à entreprendre. Nous ne pouvons mieux faire que de donner ici le résumé de cette séance, d'après notre excellent confrère* Le Génie Civil *qui en a donné une interprétation parfaite.*

L'exposé général de la question a été fait par M. Maurice Leblanc fils, directeur technique de la Société Hewitic de Suresnes.

Toute entreprise industrielle qui désire livrer des produits de première qualité et perfectionner sans cesse ses produits, doit posséder un laboratoire : d'abord, pour vérifier que les matières premières qui entrent dans la fabrication sont irréprochables; ensuite, pour chercher à améliorer et simplifier les procédés opératoires; enfin, pour rechercher des produits ou appareils nouveaux plus perfectionnés que l'on peut créer suivant les besoins qui se manifestent.

L'importance des travaux de recherches est considérable, tant par les résultats économiques directs qu'ils procurent que par l'influence heureuse qu'ils ont sur la mentalité du personnel de l'entreprise. La formation du personnel spécialisé dans les travaux de recherches est difficile, il faut qu'il possède une instruction générale et professionnelle très solide; de plus, le directeur du laboratoire de recherches doit le conseiller, tout en lui laissant une certaine initiative, et l'empêcher d'engager des dépenses sans utilité.

Si on prend, par exemple, le cas d'une fabrique de piles sèches toute recherche pour l'amélioration des piles est particulièrement délicate, car les matières premières qui sont utilisées dans cette fabrication sont très complexes et mal connues.

Une des plus grosses difficultés rencontrées dans les laboratoires industriels est que, la plupart du temps, on n'y possède pas d'appareils de mesure ayant une précision suffisante. Toutefois, on note nettement une tendance à l'introduction, dans les laboratoires industriels, des appareils de haute précision, réservés jusqu'ici aux laboratoires purement scientifiques.

Pour que les travaux de l'expérimentateur portent leurs fruits, il est indispensable que celui-ci rédige après chaque recherche un rapport détaillé accompagné des schémas et des dessins nécessaires à la vérification et au contrôle de ses études.

Quand une découverte nouvelle a été faite, la direction doit procéder à de nombreuses expériences avant de se lancer dans la nouvelle fabrication.

Après l'exposé de M. Maurice Leblanc, la discussion commença par une communication de M. Darmois, professeur de physique à la Sorbonne, sur : **Les différences essentielles entre les méthodes des laboratoires de science pure et celles que l'on peut appliquer dans l'industrie.**

M. Darmois, qui a passé plusieurs années dans l'industrie, a constaté qu'en réalité il n'y a qu'une seule méthode scientifique, et que cette méthode est employée, tant par les laboratoires de science pure que par les laboratoires industriels.

Toutefois, il est nécessaire de faire subir à la méthode de légères retouches, pour l'adapter aux nécessités du laboratoire qui l'utilise.

Les différences essentielles qui existent entre les travaux scientifiques et ceux des laboratoires industriels proviennent : 1° du choix des problèmes traités; 2° du temps qu'on peut y consacrer.

Dans les laboratoires de science pure, le choix du problème est laissé entièrement à la disposition de celui qui désire entreprendre un travail; même si le sujet à traiter lui est indiqué, il a toute latitude, soit pour limiter son sujet, soit même pour le faire dévier entièrement, si une difficulté ou un phénomène intéressant rencontrés paraissent avoir une importance suffisante pour nécessiter une étude spéciale.

M. Darmois a cité en passant le cas qui s'est présenté à l'Université de Nancy lorsqu'il y était professeur : un élève qui s'était proposé de faire une étude des constantes diélectriques a été amené finalement à faire un travail sur la propagation des ondes dans l'eau.

Dans les laboratoires industriels, au contraire, le problème à résoudre est nettement déterminé et imposé par des nécessités pressantes : rectification ou amélioration d'une fabrication, besoin d'égaler ou de surpasser les produits de la concurrence.

En ce qui concerne le temps, il ne compte pas dans les laboratoires de science pure, alors qu'au contraire, dans les laboratoires industriels, il importe que le résultat cherché soit obtenu dans le plus bref délai possible.

La méthode scientifique est une combinaison judicieuse de l'expérience et de la théorie. Très souvent, le problème à étudier se pose mal, et il importe que le directeur des recherches donne à ses collaborateurs toutes les indications nécessaires sur l'orientation qu'ils doivent donner à leurs recherches.

En ce qui concerne la formation du personnel des laboratoires industriels, M. Darmois estime que, d'une façon générale, les écoles françaises d'ingénieurs ont une tendance à ne donner à ceux-ci que les connaissances techniques nécessaires à l'exercice de leur future profession, et négligent trop de leur donner la culture générale indispensable pour qu'ils possèdent les vues d'ensemble nécessaires pour mener à bien des travaux de recherches.

Un inconvénient qui se rencontre très souvent dans les laboratoires de science pure est que la même personne est chargée à la fois d'établir et d'appliquer une théorie, de préparer des expériences et de les réaliser. Cette façon d'opérer est défectueuse, et ne peut être admise dans les laboratoires industriels; elle conduit notamment à mal utiliser le per-

Digitized by Google

sonnel scientifique, en lui faisant exécuter lui-même des séries de mesures qui pourraient être très bien faites par des agents subalternes intelligents, convenablement entraînés.

Un reproche qui peut être fait à beaucoup de laboratoires industriels est qu'ils exécutent leurs essais avec une précision beaucoup moins grande que les laboratoires scientifiques; ce n'est pas, cependant, le cas général, et les laboratoires des industries mécaniques et électriques sont aujourd'hui parfaitement outillés. D'ailleurs, dans beaucoup de laboratoires industriels, il n'est pas nécessaire de trouver des lois rigoureuses qui régissent les phénomènes, il suffit de rechercher des lois approchées et des formules empiriques qui soient satisfaisantes pour la fabrication en cause.

M. Darmois estime que le directeur du laboratoire de recherches doit indiquer à son personnel les méthodes à employer, lui faire croire qu'il lui laisse une grande initiative, mais qu'en pratique il doit le guider pas à pas, à son insu.

Enfin, M. Darmois montre qu'il n'existe pas de règle pour faire des découvertes, mais que les résultats obtenus dépendent beaucoup de la bonne organisation des laboratoires de recherches et de la valeur du personnel.

M. Léauté, prenant ensuite la parole, estime que les ingénieurs, dans l'industrie, n'ont ni les loisirs, ni la tranquillité d'esprit nécessaires pour mener jusqu'à son éclosion complète une recherche nouvelle. D'abord, les soucis quotidiens de l'atelier ou de l'affaire, absorbent une grande partie de leurs facultés intellectuelles; d'autre part, du fait de l'individualisme qui règne d'habitude dans les entreprises industrielles, il leur est difficile de se procurer la documentation ndispensable pour conduire convenablement les travaux de recherches. M. Léauté estime qu'en conséquence, ces recherches doivent être confiées à un organisme extérieur, qui les effectuera sur la demande, mais en dehors de l'industriel.

La « Société des recherches et de perfectionnements industriels », fondée dans ce but, exécute ses travaux de recherches en collaboration intime avec les ingénieurs des industries intéressées.

Une question très importante au point de vue du résultat pratique est la détermination de l'échelle de l'expérience : un ingénieur qui n'a pas de laboratoire à sa disposition a toujours tendance soit à faire ses expériences sur une échelle industrielle, soit à les faire à une toute petite échelle. Dans le premier cas, il fait de grosses pertes d'argent, si l'expérience ne réussit pas. Dans le second cas, les résultats obtenus peuvent n'avoir aucune concordance avec ceux que donnerait une expérience plus vaste.

Comme exemple du premier cas, M. Léauté cite l'échec d'un essai en grand, qui avait entraîné des dépenses très importantes, fait par la Ville de Paris sur l'imprégnation des bois de pavage.

Très souvent, l'ingénieur se spécialise dans l'industrie à laquelle il s'est consacré; cette spécialisation est une cause de stérilité au point de vue de la recherche industrielle, car il existe le plus souvent des cloisons étanches entre les divers établissements traitant un même produit ou des produits analogues. Pour qu'une étude nouvelle soit féconde, il est indispensable que tous les procédés de fabrication utilisés dans les divers établissements similaires, avec leurs avantages et leurs inconvénients, soient connus de l'expérimentateur chargé de la nouvelle étude. Un organisme central seul peut arriver à rassembler toute cette documentation et à en tirer les éléments nécessaires à une découverte nouvelle.

Dans l'industrie, le temps a une importance considérable : il s'agit toujours de dépasser de vitesse le concurrent, c'est pourquoi il n'est pas possible, dans l'exécution de travaux de recherches, de prendre successivement les uns après les autres tous les facteurs contenus dans le problème à résoudre; il faut faire un choix judicieux entre ces facteurs, et c'est le rôle du directeur de laboratoire de faire ce choix. Il peut se tromper; mais, d'une façon générale, ce mode opératoire, avec un peu d'habitude, est beaucoup plus rapide et donne des résultats excellents.

M. Gratzmuller, ingénieur-conseil, continua la discussion en faisant l'exposé du **Travail de recherches dans les sociétés françaises de construction électrique.**

L'industrie électro-mécanique, en France, s'est trop longtemps contentée d'appliquer purement et simplement les lois d'Ohm et de l'induction, sans se livrer à l'expérimentation. En technique, cependant, on se trouve en présence de nombreux paramètres, et les équations auxquelles conduit la théorie sont le plus souvent impossibles à résoudre. De plus, bien souvent, les lois physiques sur lesquelles on s'est appuyé n'existent pas, l'expérimentation seule l'aurait montré et aurait permis de trouver la solution des équations que le calcul ne permet pas d'obtenir dans l'état actuel de nos connaissances mathématiques. A ce sujet, M. Gratzmuller rappelle que Potier disait : « Faites d'abord les expériences et vous ferez la théorie ensuite »; cette parole a été confirmée par les faits.

Jusqu'à la guerre, l'expérimentation a été beaucoup trop négligée en France, d'où un manque d'élan dans la construction électrique française; les constructeurs électriciens français, à part quelques rares exceptions, achetaient des plans à l'étranger et se contentaient de les copier avec plus ou moins de succès. Depuis la guerre il n'en est plus de même.

Toutefois, comme M. Léauté, M. Gratzmuller estime qu'un laboratoire central est indispensable. Pour l'industrie électrique, c'est le Laboratoire central d'Électricité de Paris; malheureusement il ne possède pas les moyens nécessaires pour faire des expériences sur de grosses puissances; il importe à l'industrie française de les lui procurer.

M. Gratzmuller passa ensuite en revue les efforts faits par les industriels électriciens français dans la voie de la recherche scientifique industrielle.

La Société alsacienne de Constructions mécaniques, après s'être assuré la documentation de la Maison Siemens, pour lancer dans ses usines la construction du matériel électrique, a assuré le développement de cette fabrication par ses propres moyens. Le succès obtenu est dû à l'importance considérable de sa documentation et à l'essor qu'elle a donné à la méthode expérimentale.

La Compagnie française Thomson-Houston reçoit la documentation de la General Electric C°, mais ne se dispense pas de procéder elle-même à de nombreuses recherches et expériences.

La Compagnie Électro-Mécanique, qui travaille en collaboration avec la Société suisse Brown-Boveri et Cie, fait également de nombreuses recherches et possède des moyens d'essais remarquables.

Les Forges et Ateliers de Constructions électriques de Jeumont (Nord) ont le grand mérite de n'avoir jamais eu recours à la documentation étrangère et d'avoir toujours travaillé seuls; leurs fabrications leur font la plus grand honneur.

Comme conclusion, M. Gratzmuller montra que la servitude de la construction électrique française vis-à-vis de la construction étrangère est en train de disparaître : les résultats obtenus sont considérables, mais ce n'est encore qu'un début et il faut poursuivre l'effort jusqu'au bout.

M. Gratzmuller souhaita que, pour former le personnel nécessaire aux travaux de recherches, on développe le diplôme d'ingénieur-docteur, on fasse faire aux professeurs des Écoles techniques et des Facultés de nombreux voyages à l'étranger, et qu'on attribue largement des bourses de voyages d'étude aux élèves ingénieurs.

Digitized by Google

M. Darrieus, ingénieur à la Compagnie Électro-Mécanique, exposa ensuite **Le travail de recherches à la Société Brown-Boveri.**

Après la guerre, cette Société comprit que, dans un petit pays comme la Suisse qui manque de matières premières, une grande industrie ne pouvait subsister que par l'excellence de ses produits et les nouveautés de sa fabrication. Elle établit un laboratoire de recherches très important, comportant des sections de physique, de chimie, de métallographie, d'électricité et de résistance des matériaux.

Les buts principaux de ce laboratoire sont : 1° de faire l'étude et le contrôle des matières premières entrant dans la fabrication, tant des machines nouvelles que des machines de construction courante : 2° d'améliorer les procédés de fabrication : 3° d'exécuter des recherches d'ordre électrique et mécanique.

Parmi les principaux travaux exécutés par ce laboratoire, il y a lieu de citer ceux qui ont porté sur le traitement thermique des tôles, les huiles pour transformateurs, les essais de courts-circuits dans les alternateurs, l'étude de la propagation des ondes à front raide dans les transformateurs, l'étude des isolants, l'étude et la mise au point définitive des redresseurs à vapeur de mercure, l'étude des paliers de butée et des paliers porteurs, l'étude des aubages, des tuyères et des disques des turbines à vapeur, etc.

M. Darrieus termina en montrant la nécessité de la rédaction détaillée d'un rapport par les expérimentateurs après les essais, et celle d'une collaboration intime entre les différents services d'une même industrie.

M. Duclerc, ingénieur de la Compagnie française Thomson-Houston, fit ensuite une communication sur **Le travail de recherches de la General Electric C°.**

L'auteur a visité en détail toutes les installations de la General Electric C°. Cette puissante compagnie américaine, au capital de 240 millions de dollars, possède 11 usines; elle dépense annuellement, pour son laboratoire de recherches, une somme équivalente à 40 millions de francs. Ce laboratoire, établi à Schenectady, près New-York, occupe une superficie de 50000 m² et emploie plus de 300 personnes, dont 100 ingénieurs, sous la direction de M. Whitney. Parmi le personnel de ce laboratoire, se trouvent des savants de premier ordre tels que MM. Coolidge, Peek, Langmuir, etc.

Le personnel de recherches dispose de tout le confort possible ; il est payé largement, ce qui lui évite toute préoccupation matérielle; il dispose de crédits très importants pour ses recherches et pour l'exécution de tous les essais systématiques qu'il juge nécessaires. Un service d'archives est mis à sa disposition et lui fournit toute la documentation dont il peut avoir besoin. Les recherches entreprises par le laboratoire de Schenectady ont pour but de venir en aide aux différents services de fabrication, de mettre au point les appareils nouveaux, et de faire des études scientifiques, dont plusieurs ont eu des conséquences pratiques remarquables.

Enfin, M. Imbs, directeur général de la C. P. D. E., termina la discussion par une communication sur **Le travail de recherches dans les sociétés de productions et de distribution d'électricité.**

Les inventions faites par les ingénieurs des sociétés de production et de distribution d'électricité portent sur de nouveaux procédés d'exploitation, sur des appareils de conception nouvelle; enfin, ces ingénieurs réalisent également des inventions d'ordre général.

M. Imbs, parmi cet ensemble de travaux, a cité : des recherches sur les bobines d'inductance, la détermination des défauts dans les câbles souterrains, la réalisation du verrouillage des sectionneurs pour empêcher qu'ils ne coupent en charge la mise au point des systèmes de nettoyage automatique des grilles des prises d'eau, la création de dispositifs de nettoyage des chaudières par le sable, la mise au point de systèmes d'enlèvement hydraulique des mâchefers et de chargement hydraulique du combustible, la réalisation de relais wattmétriques sans transformateurs de potentiel; l'invention d'appareils indicateurs de température, d'indicateurs d'incendie, d'indicateurs de surintensité, d'appareil permettant de découvrir les défauts d'isolation, de décaleurs de phase, de redresseurs de courant pour charge des accumulateurs de véhicules automobiles, de fusibles à haute tension, etc.

Beaucoup de ces études et découvertes ont eu des conséquences considérables, tant par les économies d'argent, de temps, de personnel, que par l'augmentation de sécurité qu'elles ont procurées.

M. Imbs remarque que, bien souvent, l'exploitant se trouve en face de problèmes que les savants des laboratoires n'auraient jamais songé à se poser; la résolution de ces problèmes a eu, dans la majorité des cas, une importance technique et économique considérable. Presque toutes les inventions faites dans les sociétés de production et de distribution ont été réalisées par les mêmes personnes; de l'avis de M. Imbs, pour faire des découvertes, il faut posséder des dons particuliers et une formation spéciale; en ce qui concerne la formation, M. Imbs estime que l'École supérieure d'Électricité la donne à ses élèves d'une façon très satisfaisante, car elle les met en mesure de réaliser avec succès tous les travaux relatifs aux recherches, études, inventions et mises au point de matériel.

Enfin, M. Imbs juge que, si les laboratoires particuliers sont nécessaires, il est indispensable qu'il existe également un laboratoire central capable de contrôler les travaux des autres laboratoires. Le laboratoire central d'Électricité doit jouer ce rôle pour les industries électriques et les industries connexes : il appartient aux sociétés intéressées de lui faciliter l'accomplissement de cette tâche en l'aidant financièrement, ainsi qu'en lui fournissant les appareils de mesure et les champs d'essais nécessaires pour qu'il effectue son contrôle et ses travaux dans les meilleures conditions possibles.

A la suite de ces différents exposés, le président, M. Charles Fabry, insista pour montrer l'identité des recherches scientifiques et industrielles qui, au fond, ne diffèrent que parce que le laboratoire industriel travaille seulement pour des buts bien déterminés, ce qui n'est pas le cas pour les laboratoires de science pure.

En terminant, M. Fabry fit observer que le laboratoire de la General Electric C°, qu'il a visité, n'est pas à proprement parler un laboratoire industriel, c'est plutôt un laboratoire de recherches scientifiques. Les travaux sont exécutés sur des sujets quelconques, et on cherche ensuite à trouver une application industrielle aux découvertes qui y ont été faites.

M. Fabry souhaita, enfin, qu'en France une entente se fasse entre nos différentes industries pour qu'elles créent et subventionnent un laboratoire analogue à celui de la General Electric C°, et qui pourrait se livrer à des études et expériences n'ayant pas seulement un but industriel.

Notons qu'il y a déjà des entreprises privées de recherches qui étudient les nouveaux problèmes que leur pose l'industrie, mais ce qui manque le plus à ces établissements ce sont des fonds importants.

Souhaitons que quelque Mécène les dote de crédits intéressants, ce qui n'est pas une chose impossible.

Digitized by Google

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 7 juin 1927.

Pas de communication présentant un caractère électrique.

Séance du 13 juin 1927.

Le champ magnétique terrestre et les propriétés électromagnétiques internes du globe, par M. Marcel Brillouin.

Communication essentiellement mathématique, voyez les *Comptes rendus*.

Sur la résistance électrique théorique au contact de deux sphères conductrices élastiques, abstraction faite de la couche de passage, par MM. Robert Esnault-Pelterie et Osée Marcus.

Pour se guider dans certaines recherches métallurgiques, l'un de nous a eu besoin d'évaluer la résistance théorique qu'oppose au passage d'un courant l'étranglement au point de contact de deux sphères conductrices.

Pour cela nous considérons un espace indéfini rempli d'une manière homogène et isotrope de résistivité ρ séparée en deux portions A et B par un plan indéfini parfaitement isolant. Dans ce plan, une ouverture circulaire C met en communication électrique les deux régions A et B. Cet espace est supposé traversé par un courant d'intensité I qui se propage depuis l'infini du côté A jusqu'à l'infini du côté B en passant à travers l'orifice C.

Une famille de surfaces équipotentielles peut être constituée par des ellipsoïdes aplatis (E) dont les ellipses génératrices ont pour foyers les extrémités d'un diamètre du cercle de contact, et dont l'axe de révolution est l'axe normal au centre de ce cercle. Les lignes de courant sont les hyperboles (H) homo-focales avec les ellipses génératrices.

Nous appelons par définition résistance au point de contact des deux régions A et B la résistance entre deux demi-sphères de rayon infini.

Nous choisissons comme surfaces coordonnées le système triple formé par les ellipsoïdes homofocaux (E), les hyperboloïdes à une nappe dont les génératrices sont les hyperboles (H) et le faisceau de plans passant par un axe normal au centre du cercle de contact.

Dans ce système, chaque ellipsoïde, chaque hyperboloïde et chaque plan est respectivement caractérisé par l'une des équations

(1) $\lambda = \text{const.}$, (2) $\mu = \text{const.}$ et (3) $\theta = \text{const.}$

où λ désigne le carré du demi-petit axe de l'ellipsoïde (E), μ celui du demi-axe imaginaire de l'hyperbole (H) et θ l'angle de l'un des plans du faisceau avec le plan choisi pour origine. Nous avons alors pour l'expression du laplacien d'une fonction φ des coordonnées la formule

$$(32)\quad \Delta\varphi \equiv \frac{4c\sqrt{\lambda\mu}}{\lambda+\mu}\left\{\frac{\partial}{\partial\lambda}\left(\frac{c^2+\lambda}{c}\sqrt{\frac{\lambda}{\mu}}\frac{d\varphi}{d\lambda}\right)+\frac{\partial}{\partial\mu}\left(\frac{c^2-\mu}{c}\sqrt{\frac{\mu}{\lambda}}\frac{\partial\varphi}{\partial\mu}\right)+\frac{c}{4}\frac{\lambda+\mu}{(c^2+\lambda)(c^2-\mu)\sqrt{\lambda\mu}}\frac{\partial^2\varphi}{\partial\theta^2}\right\}.$$

Pour que les ellipsoïdes (E) puissent jouer le rôle de surfaces équipotentielles en régime permanent, il faut et il suffit que le potentiel V satisfasse simultanément aux équations

$$(33)\qquad \Delta V = 0, \qquad \frac{\partial V}{\partial\mu} = 0, \qquad \frac{\partial V}{\partial\theta} = 0,$$

c'est-à-dire

$$(35)\qquad (c^2+\lambda)\sqrt{\lambda}\frac{dV}{d\lambda} = A,$$

où A est une constante.

La densité de courant en chaque point a pour valeur

$$(40)\qquad J = \frac{2A}{\rho\sqrt{(c^2+\lambda)(\lambda+\mu)}}.$$

Le courant élémentaire dans un tube de base

$$(41)\qquad d\sigma = \frac{1}{2c}\sqrt{\frac{(\lambda+\mu)(c^2+\lambda)}{\mu}}\,d\mu\,d\theta$$

est

$$(43)\qquad dI = -\frac{A}{\rho c}\frac{d\mu}{\sqrt{\mu}}\,d\theta,$$

qui par intégration étendue au demi-ellipsoïde donne pour le courant total

$$(44)\qquad I = -4\pi\frac{A}{\rho},$$

d'où

$$(48)\qquad dR = \frac{dV}{I} = \frac{\rho}{4\pi}\frac{d\lambda}{(c^2+\lambda)\sqrt{\lambda}}$$

et, en intégrant de λ_1 à λ_2,

$$(52)\qquad R_{\lambda_1}^{\lambda_2} = \frac{\rho}{2\pi c}\left[\text{arc tang}\frac{\sqrt{\lambda_2}}{c} - \text{arc tang}\frac{\sqrt{\lambda_1}}{c}\right],$$

cette intégration effectuée de $-\infty$ à $+\infty$ donne

$$(54')\qquad R_{-\infty}^{+\infty} = \frac{\rho}{2c};$$

montrant que la résistance due à l'étranglement est inversement proportionnelle au diamètre du cercle de contact.

Si l'on veut voir comment varie R à partir de l'orifice, il faut faire $\lambda_1 = 0$ et (52) devient

$$(57)\qquad R_0^{\lambda} = \frac{\rho}{2\pi c}\,\text{arc tang}\frac{\sqrt{\lambda_2}}{c},$$

où $\sqrt{\lambda_2}$ est le rayon polaire de l'ellipsoïde considéré. Si ce rayon égale 20 c, c'est-à-dire seulement le décuple du diamètre de contact, la résistance est égale à 0,968 de R_{Hm} montrant clairement que l'assimilation que nous nous sommes permise du contact entre deux sphères à celui entre deux plans est légitime en pratique.

Les mesures effectuées ont toujours donné des résultats supérieurs aux chiffres calculés et s'en rapprochant d'autant plus que les résistances parasites ont pu être éliminées, et le nettoyage des surfaces amélioré.

Sur l'effet Volta, par M. Emmanuel Dubois.

Plusieurs expérimentateurs ont pensé que l'effet Volta V entre deux électrodes métalliques était uniquement dû aux impuretés qui se trouvent à la surface des métaux. Ils ont tenté de supprimer ces impuretés par divers traitements, notamment le chauffage des électrodes dans le vide. Ils ont ainsi obtenu des variations très incohérentes de V. Or il est clair que le chauffage simultané des deux électrodes ne permet d'observer sur V qu'un effet différentiel.

(1) Séance du 7 juin 1927.

Digitized by Google

Il est bien plus simple de ne chauffer qu'une seule des électrodes, en veillant à ce que l'autre électrode reste identique à elle-même. Après refroidissement de l'électrode chauffée, on examine la variation de V obtenue.

Nous avons ainsi trouvé une loi expérimentale, qui, mise en évidence sur huit métaux différents, au cours de nombreuses séries d'expériences, peut être considérée comme générale :

Si l'on chauffe un métal dans le vide, on constate, après refroidissement, que le chauffage l'a rendu électronégatif, pourvu que ce chauffage ait été suffisamment prolongé et effectué à température suffisamment élevée.

Dans le tableau de mesures suivant, la première colonne donne en volts la différence de potentiel de Volta Cu/M mesurée entre une électrode de cuivre, inchangée au cours des mesures, et le métal M considéré. Les nombres sont obtenus après un séjour d'au moins 15 heures des électrodes dans le vide.

La deuxième colonne donne la même différence de potentiel après chauffage de M dans le vide. Ce chauffage a été poussé le plus près possible du point de fusion de M, sans cependant dépasser en aucun cas 1200°. Après refroidissement de M on a obtenu les nombres de la deuxième colonne.

Zn	+ 0,93	+ 0,24
Al	+ 0,96	+ 0,18
Ag	+ 0,22	— 0,45
Au	— 0,04	— 0,57
Cu	+ 0,02	— 0,31
Ni	+ 0,25	— 0,29
Fe	+ 0,20	— 0,61
Pt	— 0,07	— 0,26

La comparaison des nombres des deux colonnes montre que la variation obtenue est dans le même sens que tous les métaux employés. Les valeurs obtenues après chauffage de M varient d'ailleurs avec le temps et se rapprochent lentement des valeurs initiales.

Il semble bien que ces variations de V obtenues après chauffage d'une électrode dans le vide proviennent de la disparition d'impuretés communes à tous les métaux. Nous recherchons actuellement la nature de ces impuretés.

Sur certaines particularités de la ferro-résonance, lorsque la résistance n'est pas négligeable, par M. Rouelle.

M. Boucherot a étudié la résonance du système constitué par une bobine de self-induction, à noyau de fer et de résistance négligeable, en série avec un condensateur, lorsqu'on applique à ses bornes une tension sinusoïdale (1). Il a montré que dans certaines conditions, deux régimes stables de courant sont possibles : l'un à forte intensité, déphasé en avance sur la tension, l'autre à faible intensité, déphasé en arrière ; *ce dernier cessant d'exister lorsque la capacité devient inférieure à une valeur critique* C_1, qui dépend de la tension d'alimentation. Il a rappelé en outre une méthode d'étude graphique approximative, due à M. Bethenod, que M. Margand a étendue par la suite au cas où la résistance n'est pas négligeable, afin d'expliquer l'instabilité d'un troisième régime, théoriquement possible, que les expériences précédentes n'avaient pas révélé (2). Ce dernier auteur signalait enfin qu'il doit exister *une résistance critique* au delà de laquelle le régime à fort courant cesse d'exister.

J'ai entrepris, dans les conditions détaillées ci-après, l'étude expérimentale systématique du circuit constitué par une bobine à noyau de fer, en série avec un condensateur et une résistance ohmique, alimenté sous une tension sinusoïdale.

L'intensité du courant qui parcourt le système ainsi constitué dépend d'un grand nombre de paramètres : la valeur efficace U de la tension, sa pulsation ω, la capacité C, la résistance ohmique R, et deux autres grandeurs qui sont elles-mêmes des fonctions de l'intensité : la réactance S de la bobine et la résistance complémentaire (fictive) R_c (égale par définition au quotient de la puissance consommée dans la bobine et le condensateur, par le carré du courant).

On peut étudier les variations que subit le courant, lorsqu'on modifie l'un de ces paramètres, tous les autres étant maintenus constants.

C'est ce que j'ai réalisé dans diverses séries d'expériences, en faisant varier au cours de chacune d'elles l'un des quatre paramètres suivants facilement réglables : U, ω, C, R, les autres conservant leurs valeurs initiales que j'ai souvent modifiées d'ailleurs d'une expérience à l'autre. Selon les conditions initiales, l'intensité peut être une fonction uniforme ou multiforme du paramètre variable ; je me bornerai à résumer les lois qui s'appliquent au second cas, caractérisé par le fait que dans un certain intervalle la fermeture de l'interrupteur peut provoquer, suivant l'instant de la période où il a lieu, l'établissement permanent de deux régimes distincts d'intensité.

Soit α le paramètre variable ; l'étude systématique met en évidence *deux valeurs critiques* α_1 *et* α_2 pour lesquelles un des régimes cesse d'exister ; ces valeurs dépendent évidemment de tous les paramètres maintenus constants. Si le régime à faible courant est d'abord établi et que α tende vers α_1, l'intensité subit au moment où il atteint cette valeur un accroissement discontinu et irréversible et s'établit en quelques périodes dans le régime à fort courant qui subsiste seul au delà de α_1 ; ce phénomène se produirait encore si la résistance totale était nulle. Lorsque α tend vers α_2 c'est l'inverse qui a lieu, si l'on part du régime à fort courant il se produit au moment où α atteint la valeur α_2 une diminution discontinue et irréversible de l'intensité qui s'établit en quelques périodes dans le régime à faible courant ; ce phénomène entrevu par M. Margand n'avait pas encore été réalisé ; il est caractéristique du système résistant.

J'ai pu, en faisant osciller α *entre* α_1 *et* α_2, *faire décrire au point de fonctionnement de coordonnées* (α, I) *un cycle fermé et irréversible sans qu'il soit nécessaire à aucun moment de manœuvrer l'interrupteur pour passer d'un régime à l'autre.*

Quel que soit le paramètre variable, la loi précédente est applicable ; elle comporte toutefois une restriction dans le cas où ce paramètre est la résistance R ; il n'existe une valeur R_1 positive, en dessous de laquelle le régime à faible courant cesse d'exister, que si la tension est supérieure à la valeur $U_{1,0}$ au-dessus de laquelle ce même régime disparaîtrait dans le cas d'une résistance nulle. De plus si le paramètre variable est l'une des trois autres grandeurs : U, ω, C, l'énoncé suppose que *la résistance ohmique maintenue constante n'est pas négligeable*, ou d'une façon plus générale que *la tension active totale* $R_1 I = (R + R_c) I$ *est une fonction franchement croissante de l'intensité* (au moins à partir d'une intensité peu supérieure au régime à faible courant).

Cette dernière condition peut être satisfaite, en particulier, dans le cas où la résistance ohmique en série R étant faible, le condensateur est shunté par une résistance ohmique R', ou bien présente des pertes diélectriques relativement élevées, comme un condensateur électrolytique ou un réseau de câbles souterrains.

D'après les auteurs précités, lorsque $R_1 = 0$ le courant, dans le régime à forte intensité, est toujours déphasé en avance sur la tension d'alimentation, et la tension réactive U_S aux bornes de la self est inférieure à U_c aux bornes de la capacité. L'expérience montre qu'il en est encore ainsi lorsque la résistance ohmique R est négligeable. Si R n'est plus négligeable mais inférieur à une certaine limite le courant reste déphasé

(1) Boucherot. *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 725 ; *R.G.E.*, 7, 22 mai 1920, p. 678, et 8, 11 décembre 1920, p. 887.

(2) F. Margand, *R. G. E.*, 9, 7 mai 1921, p. 635.

Digitized by Google

en avance, mais d'autant moins que α est plus voisin de α_2 ; toutefois *au moment où* α *va atteindre* α_2 *on a toujours* $U_c < U_s$ *et si la résistance est suffisamment grande les oscillogrammes montrent que le courant est à ce moment défini en arrière.* En même temps les limites α_2 et α_1 tendent l'une vers l'autre et finalement le régime intermédiaire instable disparaît, l'intensité devient fonction uniforme de α.

REVUE DE LA PRESSE

MAGNÉTISME

La viscosité magnétique. — L'aimantation d'un corps ferromagnétique est un phénomène très compliqué dépendant du champ inducteur, de la température et de tous les états antérieurs du corps.

La disparition de l'état ferromagnétique au point de Curie montre que l'aimantation dépend de la température. Les effets des échauffements et des recuits sont très compliqués et mal connus.

On sait que l'aimantation dépend du champ magnétique, cette aimantation pouvant avoir, dans le même champ, des valeurs fort différentes en vertu des effets de l'hystérésis.

Mais il peut arriver que la substance ne prenne son aimantation définitive qu'au bout d'un certain temps, même si le champ magnétique et la température sont maintenus fixes. Tel est l'effet de la viscosité magnétique dont Ewing a donné la définition suivante si le corps est soumis à un champ faible, toute variation du champ entraîne une variation de l'aimantation, mais la variation de l'état magnétique n'est terminée qu'au bout de quelque temps. La viscosité n'apparaît que pendant l'aimantation, il faut une variation du champ inducteur pour qu'elle se manifeste. Les propriétés magnétiques n'ont pas changé dans leur ensemble quand la variation lente de l'aimantation est terminée : en effet, il nous est loisible de reproduire à volonté toute variation d'aimantation par viscosité au moyen d'une variation convenable du champ.

D'autres phénomènes existent encore, car les propriétés magnétiques du fer se modifient lentement dans leur ensemble, que le fer soit aimanté ou non. De faibles élévations de température paraissent favoriser ce phénomène, qui a reçu le nom de *vieillissement*. Il doit être nettement distingué de la viscosité par son caractère fondamental d'altération durable des propriétés magnétiques : le fer une fois vieilli ne « rajeunit » plus.

M. Lapp a effectué une série de recherches sur la viscosité magnétique (*Thèse*, Strasbourg 1927). Il a établi nettement que cette viscosité constitue un phénomène complexe dépendant de trois facteurs : champ inducteur, température et temps. Leurs valeurs « actuelles » ne suffisant pas à définir complètement l'état du corps, il faudra évidemment tenir compte de l'hystérésis et, autant que possible, de tous les états antérieurs; n'effectuer les comparaisons qu'avec prudence en s'assurant que, parmi toutes les propriétés magnétiques, la viscosité seule a changé. Dans deux séries d'expériences portant sur le même échantillon, il faut se défier des transformations qui auraient pu survenir dans l'intervalle : d'où la nécessité de répéter les mesures avant de faire agir de nouveaux facteurs.

L'auteur a précisé, dans chacun des cas, les conditions de l'expérience ; mais comme il est difficile de tenir compte exactement de l'état d'écrouissage ou de recuit des échantillons, M. Lapp a utilisé une seule espèce de fer, d'origine connue, de composition chimique définie ; le fer électrolytique « Bé Vé » (désignation commerciale du fer électrolytique fabriqué par les usines Bouchayer-Viallet, à Grenoble). Il a étudié complètement la viscosité de six anneaux légèrement différents. Les échantillons ont été longuement suivis dans leur évolution, l'ensemble des recherches ayant duré cinq ans. Les mesures ont été souvent reprises et contrôlées.

Le Mémoire de M. Lapp est divisé en 4 parties. La première contient l'exposé succinct des résultats obtenus par les précédents auteurs, en nombre déjà grand : il indique seulement les résultats principaux qui ont apporté des notions nouvelles. On peut en déduire que la viscosité est réellement un phénomène particulier. Dans la deuxième partie, il décrit la méthode expérimentale qu'il a choisie ; il énumère les résultats obtenus; il indique comment se présentent les éléments de symétrie du phénomène. La troisième partie est relative à l'étude des variations thermiques réversibles de la viscosité et à l'étude de l'influence des dimensions du noyau. Dans la quatrième, il décrit les effets des recuits et du vieillissement sur la viscosité.

Cette importante étude permet de répondre aux deux questions suivantes : le phénomène de viscosité existe-t-il réellement? S'il existe, quelles sont les lois auxquelles il obéit?

On a confondu très souvent la viscosité magnétique avec les retards produits par les courants induits. Il résulte des observations faites par de nombreux auteurs, que la viscosité ne peut être expliquée par les effets des courants induits. Les observations de M. Ch. Lapp renforcent cette manière de voir.

Quand le phénomène se produit au cours d'une variation de l'aimantation on constate qu'une variation instantanée de l'aimantation est suivie d'une variation lente. Cette dernière est caractérisée par son amplitude et sa rapidité.

La mesure des amplitudes seules ou des rapidités seules ne peut fournir qu'un aperçu insuffisant du phénomène. On pourrait se faire une idée tout à fait fausse de la viscosité d'une éprouvette si l'on se limitait à une seule de ces déterminations.

Pour étudier la viscosité, il est nécessaire de préciser, aussi exactement que possible, les conditions de l'expérience; c'est pourquoi l'étude de la viscosité ne peut se séparer de celle de l'hystérésis. Si les propriétés magnétiques de l'éprouvette, dans certaines conditions, ne sont pas bien déterminées, on peut trouver des valeurs quelconques pour la rapidité et l'amplitude du phénomène.

Deux groupes de lois se dégagent des recherches expérimentales de M. Lapp :

1° Les lois fondamentales de la viscosité qui régissent le phénomène quand on opère dans des champs différents. L'auteur a obtenu la loi linéaire des amplitudes et la loi quadratique des rapidités. C'est l'induction finale qui est la variable fondamentale, la variable indépendante étant le temps « actuel », celui dans lequel on opère.

Il est possible de réunir ces lois dans une expression générale des variations visqueuses dans tout le domaine de viscosité.

On avait signalé que la viscosité dépend des dimensions des noyaux et de la température, aussi M. Lapp a-t-il fait des expériences systématiques qui l'ont conduit à énoncer un second groupe de lois.

2° Quand on diminue les dimensions des noyaux (ou quand on utilise des noyaux divisés), on trouve que l'amplitude reste constante et que la rapidité varie seule suivant la loi de l'inverse du carré de l'aire de section droite du noyau (ou d'un de ses éléments). Cette loi n'est pas tout à fait sûre. Elle peut fournir l'ordre de grandeur du phénomène dans des éprouvettes de dimensions données. Plusieurs observations dues à différents auteurs s'accordent avec cette loi. Au cours de cette étude, il est nécessaire de s'assurer avec soin que les propriétés magnétiques autres que la viscosité n'ont pas changé.

Au-dessous de 400° absolus, les variations thermiques de la viscosité sont réversibles. L'amplitude ne change pas. La rapidité est proportionnelle au carré de la température absolue.

A. B.

Digitized by Google

DOCUMENTS OFFICIELS

ARRÊTÉ DU 30 AVRIL 1927

DÉTERMINANT

LES CONDITIONS TECHNIQUES

AUXQUELLES DOIVENT SATISFAIRE

LES DISTRIBUTIONS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

(*Journal Officiel du 23 Juillet 1927.*)

(*Suite*[1]).

§ 5. — Les puits, trappes et ouvertures sont pourvus de solides barrières ou garde-corps.

§ 6. — Dans les locaux ou le sol et les parois sont très conducteurs, soit par construction, soit par suite de dépôts salins ou de l'humidité, on ne doit jamais établir, à la portée de la main, des conducteurs nus ou des appareils découverts.

Art. 11. — *Installation des conducteurs à l'intérieur des sous-stations et postes de transformation.* — § 1er. — A l'intérieur des sous-stations et postes de transformation, les conducteurs nus qui sont à portée de la main doivent être signalés à l'attention par une marque très apparente.

Les enveloppes des conducteurs recouverts doivent être convenablement isolantes.

§ 2. — Des dispositions doivent être prises pour éviter l'échauffement anormal des conducteurs, à l'aide de coupe-circuits fusibles ou autres appareils équivalents.

Art. 12. — *Interdiction d'entrepôts.* — Il est interdit d'entreposer dans les parties des postes de transformation où existent des conducteurs sous tension des objets métalliques de dimensions telles que leur manipulation puisse créer des contacts dangereux.

Art. 13. — *Locaux des accumulateurs.* — Dans les locaux où se trouvent des batteries d'accumulateurs, toutes les précautions sont prises pour éviter l'accumulation de gaz détonants; la ventilation de ces locaux doit assurer l'évacuation continue des gaz dégagés. Les lampes à incandescence employées dans ces locaux sont à double enveloppe.

Art. 14. — *Eclairage de secours.* — Les salles des sous-stations doivent posséder un éclairage de secours en état de fonctionner en cas d'arrêt du courant.

Section IV

Branchements particuliers.

Art. 15. — *Prescriptions générales.* — Les branchements particuliers doivent être munis de dispositifs d'interruption auxquels l'entrepreneur de la distribution doit avoir accès en tout temps.

Art. 16. — *Conducteurs aériens.* — Les conducteurs aériens formant branchements particuliers doivent être protégés dans toutes les parties où ils sont à la portée des personnes.

Art. 17. — *Conducteurs souterrains.* — Les conducteurs souterrains formant branchements particuliers doivent être recouverts d'un isolant protégé d'une façon suffisante, soit par l'armure du câble, soit par des conduites en matière résistante et durable.

[1] Voy. *L'Industrie électrique* du 25 août 1927, page 383.

Section V

Traversée des cours d'eau et des canaux de navigation.

Art. 18. — *Prescriptions générales.* — Les prescriptions des sections I, II et IV du présent chapitre sont applicables aux traversées des cours d'eau navigables ou flottables et des canaux de navigation, sous réserve des dispositions spéciales de la présente section.

Art. 19. — *Hauteur des conducteurs.* — § 1er. — A la traversée des cours d'eau navigables et des canaux de navigation, la hauteur minimum des conducteurs au-dessus du plan d'eau est fixée, dans chaque cas, suivant le type des bateaux susceptibles de fréquenter les voies d'eau et le mode de navigation et de traction.

Cette hauteur ne peut être inférieure à 8 m au-dessus des plus hautes eaux navigables.

Toutefois, si la navigation n'est pas effectivement pratiquée la hauteur peut être réduite à 3 m au-dessus des plus hautes eaux.

§ 2. — La même hauteur minimum de 8 m est applicable à la traversée des autres cours d'eau du domaine public, mais elle peut être réduite à la traversée des cours d'eau classés comme flottables, lorsque le flottage n'est pas effectivement pratiqué, sous réserve que cette hauteur ne sera pas inférieure à 3 m au-dessus des plus hautes eaux.

§ 3. — Lorsque les conducteurs traverseront la voie d'eau en prenant appui sur un ouvrage d'art formant passage supérieur, la hauteur pourra être réduite à celle de l'intrados de cet ouvrage augmentée d'un mètre, étant entendu que la saillie des supports sur le parement des têtes sera déterminée dans chaque cas particulier en tenant compte des caractéristiques du matériel fluvial et des nécessités de l'exploitation de la voie navigable.

Art. 20. — *Coefficient de sécurité.* — Le coefficient de sécurité de l'installation dans la traversée des cours d'eau navigables sur lesquels la navigation est effectivement pratiquée et des canaux de navigation est au moins égal à 5 pour les supports et ferrures d'isolateurs encadrant la traversée et à 3 pour les conducteurs. Dans la traversée des autres cours d'eau du domaine public, il est au moins égal à 3 pour les supports, ferrures et conducteurs.

Le même coefficient 3 est applicable aux installations faites sur les dépendances des cours d'eau et des canaux qui ne sont pas ouverts à la circulation publique et, en particulier, sur les emplacements réservés au halage.

Section VI

Traversée et voisinage d'autres canalisations.

Art. 21. — *Prescriptions générales.* — Les prescriptions des sections I, II et IV du présent chapitre sont applicables aux parties des installations traversant ou avoisinant des lignes d'énergie électrique ou des conduites d'eau, de gaz ou d'air comprimé, sous réserve des dispositions spéciales de la présente section.

Art. 22. — *Conducteurs aériens traversant ou avoisinant d'autres conducteurs aériens de distribution.* — § 1er. — A tous les points où les conducteurs aériens avoisinent d'autres conducteurs aériens de distribution, des dispositions doivent être prises pour qu'il ne puisse y avoir contact accidentel ou amorçage d'arc entre ces deux systèmes de conducteurs.

§ 2. — On adoptera les dispositions nécessaires pour que l'appareil de prise de courant des véhicules à traction électrique ne puisse atteindre les lignes de distribution voisines lorsque cet appareil est susceptible de quitter la ligne de contact.

Art. 23. — *Canalisations souterraines traversant ou avoisi-*

Digitized by Google

nant d'autres canalisations souterraines (1). — § 1er. — Lorsque les canalisations souterraines suivent une direction commune avec d'autres canalisations souterraines ou conduites d'eau, de gaz ou d'air comprimé, et que les deux canalisations sont établies en tranchée, une distance minimum de 20 cm doit exister entre les points les plus rapprochés de chacune des canalisations.

§ 2. — Lorsque les canalisations souterraines croisent des installations préexistantes (canalisations souterraines de distribution, conduite d'eau, de gaz ou d'air comprimé), elles doivent, en principe, passer au-dessous d'elles et se trouver en tous points à une distance supérieure ou égale à 28 cm.

Toutefois, lorsque le point le plus haut des installations préexistantes se trouve à plus de 1 m de profondeur, les canalisations souterraines de distribution qui les croisent pourront être posées au-dessus, étant entendu qu'elles devront passer à une distance au moins égale à 20 cm.

§ 3. — Lorsque les dispositions prévues aux deux paragraphes précédents ne peuvent être réalisées, la distance entre les deux canalisations peut être réduite, à condition qu'elles soient séparées par une cloison isolante entre tous les points où la distance est inférieure au minimum prescrit.

Section VII

Traversée des lignes de chemins de fer (2).

Art. 24. — *Prescriptions générales.* — Les prescriptions des sections I, II et IV, et, lorsque le mode de traction adopté est la traction électrique, de la section VI du présent chapitre, sont applicables aux traversées de chemins de fer sous réserve des dispositions spéciales de la présente section.

Division I

Traversée des lignes de chemins de fer des grands réseaux d'intérêt général

Art. 25. — *Dispositions générales.* — Pour traverser un chemin de fer d'un grand réseau d'intérêt général, toute installation de distribution doit, de préférence, emprunter un ouvrage d'art (passage supérieur ou inférieur) et, autant que possible, ne pas franchir cet ouvrage en diagonale.

Les canalisations aériennes empruntant un passage supérieur ou le sol surmontant un souterrain sont soumises aux dispositions suivantes :

a) Si la distance en projection horizontale entre un conducteur quelconque de la canalisation et le tympan ou la tête de l'ouvrage la plus rapprochée est supérieure à la hauteur d'un support, la canalisation n'est soumise à aucune des prescriptions spéciales aux traversées de chemins de fer;

b) Si la distance précitée est inférieure à la hauteur d'un support, la canalisation est soumise, outre les prescriptions de la présente section, aux prescriptions des sections III du chapitre III, IV du chapitre IV et V du chapitre V.

A défaut de pouvoir, en raison de circonstances locales, emprunter un ouvrage d'art, les installations de distribution doivent, autant que possible, effectuer la traversée en un point de moindre largeur de l'emprise du chemin de fer.

Art. 26. — *Canalisations aériennes.* — § 1er. — En outre des prescriptions indiquées à la section I du présent chapitre, notamment en ce qui concerne les traversées, toute canalisation aérienne qui traverse le chemin de fer doit satisfaire aux prescriptions indiquées ci-après :

§ 2. — Les supports de la ligne d'énergie placés de part et d'autre de la traversée devront être aussi rapprochés que possible des limites de l'emprise, sans que leur distance au bord extérieur du rail le plus voisin puisse être inférieure à 3 m. Ils sont placés à une distance horizontale d'au moins 1,50 m des lignes de conducteurs électriques d'énergie ou de télécommunication existant le long des voies et, autant que possible, du côté de ces lignes opposé à la voie ferrée.

Chacun de ces supports est encastré dans un massif de maçonnerie.

§ 3. — Les supports métalliques de la traversée sont mis en communication avec le sol.

§ 4. — Le coefficient de sécurité de l'installation constituant la traversée, calculé conformément aux indications du paragraphe 1er de l'article 6, est au moins égal à 5 pour les supports et ferrures d'isolateurs et à 3 pour les conducteurs.

Le coefficient de stabilité de l'installation, y compris le haubannage, s'il y en a, doit être au moins égal à 1,5, sans tenir compte de la butée des terres.

Dans l'hypothèse de la rupture de tous les conducteurs placés d'un même côté, le coefficient de sécurité est ramené à 1,75 pour les supports et ferrures d'isolateurs, et le coefficient de stabilité de l'installation, y compris le haubannage, s'il y en a, doit être au moins égal à l'unité sans tenir compte de la butée des terres.

Ces deux coefficients de stabilité ne seront pas exigés pour les appuis scellés dans le rocher.

§ 5. — Indépendamment de la vérification des conditions électriques de l'entreprise de distribution ou de traction électrique prévue par les règlements en vigueur (1), il sera procédé par le service du contrôle de l'entreprise de distribution ou de traction électrique à des visites périodiques des installations traversant ou empruntant les emprises du chemin de fer.

Ces visites auront lieu en présence du représentant du concessionnaire ou permissionnaire de la distribution d'énergie électrique; les représentants du contrôle du chemin de fer, de l'administration des télégraphes, de la compagnie ou de l'administration exploitant le chemin de fer y seront convoqués, mais leur absence ne fera pas obstacle à ce qu'il soit procédé aux opérations de vérification.

Ces visites auront pour objet l'examen détaillé des installations à l'intérieur des emprises et aux abords pour constater leur bon état d'entretien; elles auront lieu tous les trois ans ou à des intervalles plus rapprochés si l'arrêté d'autorisation le prescrit, ou, en cas d'urgence, sur la réquisition du service de contrôle.

Art. 27. — *Canalisations souterraines.* — § 1er. — Les canalisations souterraines en câbles doivent être en câbles des meilleurs modèles connus, comportant une chemise de plomb sans soudure et une armure métallique ou toute autre protection mécanique.

Les câbles armés sont noyés dans le sol, non seulement à la traversée des voies ferrées, mais encore de part et d'autre et jusqu'à 1,50 m au moins au delà des lignes électriques existant le long des voies.

§ 2. — Toutes dispositions seront prises pour que le remplacement des câbles soit possible, sans ouverture de tranchée sous les voies et le ballast.

---

(1) En ce qui concerne les dispositions à prévoir au voisinage des rails de roulement, se reporter aux prescriptions du titre II ci-après.

(2) Ces dispositions ne s'appliquent pas aux canalisations traversant des voies de quai, des embranchements industriels et autres voies analogues, ni aux lignes électriques de service établies dans les gares et stations.

Elles ne s'appliquent pas non plus aux canalisations électriques établies longitudinalement par les réseaux dans leurs emprises (les surplombs de rails dans certaines courbes et les traversées de voies au voisinage des aiguillages ne constituant pas les traversées de lignes de chemins de fer visées par la présente section), mais elles s'appliquent aux traversées qui intéressent les voies principales.

(1) Article 51 du décret du 3 avril 1908 ou article 33 du décret du 24 avril 1925, modifié par le décret du 14 octobre 1924.

Digitized by Google

§ 5. — Les vérifications prévues au paragraphe 5 de l'article 26 pour les canalisations aériennes auront lieu dans les mêmes conditions pour les canalisations souterraines.

DIVISION II

TRAVERSÉE DES LIGNES SECONDAIRES D'INTÉRÊT GÉNÉRAL ET DES LIGNES D'INTÉRÊT LOCAL

Art. 28. — *Canalisations aériennes.* — La traversée du chemin de fer par une canalisation aérienne, quelle que soit la catégorie, est soumise aux prescriptions relatives aux traversées des routes nationales.

SECTION VIII

Protection des lignes de télécommunication.

Art. 29. — *Canalisations aériennes voisines de lignes de télécommunication.* — § 1er. — En aucun cas les poteaux ou pylônes supportant les conducteurs de distribution ne doivent être établis au milieu des nappes de fils de télécommunication.

§. 2. — Aux points de croisement, les lignes de télécommunication sont dûment consolidées si elles sont placées au-dessus de la ligne d'énergie.

§ 3. — Lorsque la ligne de distribution croise dans la même portée des fils aériens de télécommunication et une ligne aérienne de contact, sa section ne peut être inférieure à 12 mm² et elle ne peut être établie qu'en câbles toronnés, dans toute la longueur de la traversée.

§ 4. — Lorsque les dispositions prévues aux paragraphes 2 et 3 du présent article ne peuvent être appliquées les lignes préexistantes doivent être modifiées.

§. 4. — Il pourra être établi, s'il est jugé nécessaire, des appareils de protection spéciaux sur les fils de télécommunication avoisinant des ouvrages de distribution et des lignes de contact.

Art. 30. — *Canalisations souterraines voisines de lignes souterraines de télécommunication.* — § 1er. — Lorsque des conducteurs souterrains de distribution suivent une direction commune avec une ligne de télécommunication souterraine, et que les deux canalisations sont établies en tranchées, une distance minimum de 50 cm doit exister entre les conducteurs et la ligne de télécommunication, à moins qu'ils ne soient séparés par une cloison protectrice donnant une sécurité équivalente.

§ 2. — Lorsque des conducteurs souterrains croisent une ligne de télécommunication, ils doivent être placés à une distance minimum de 20 cm des lignes de télécommunication, à moins qu'ils ne présentent en ces points, au point de vue de la sécurité publique, de l'induction et des dérivations, des garanties équivalentes à celles des câbles concentriques ou cordés à enveloppe de plomb.

SECTION IX

Entretien des ouvrages.

Art. 31. — *Élagages.* — L'élagage des arbres plantés en bordure des voies publiques, soit sur le sol de ces voies, soit sur les propriétés particulières, doit être effectué aussi souvent que la sécurité l'exige ou que le service du contrôle le prescrit.

Dans tous les cas, l'exploitant de la ligne est tenu d'en donner préalablement avis au service de voirie intéressé et de procéder à l'élagage en se conformant à ses instructions.

Réciproquement lorsque ce dernier (service de voirie) jugera un élagage nécessaire pour le bon entretien d'une plantation, il n'entreprendra le travail qu'après en avoir avisé le service du contrôle et avoir arrêté par son intermédiaire avec l'exploitant de la ligne, les mesures de sécurité que peut exiger l'opération.

CHAPITRE III

Ouvrages de première catégorie.

Art. 32. — *Prescriptions générales.* — Les ouvrages de première catégorie sont soumis aux prescriptions du chapitre II ci-dessus, et, en outre, à celles du présent chapitre.

Art. 33. — *Mise au sol du point et du conducteur neutres.* — Dans les distributions triphasées en étoile de la subdivision B_1, le point neutre et le conducteur neutre, s'il y en a un, sont mis en communication avec le sol.

Dans le cas de la subdivision B_2, cette liaison au sol est facultative.

SECTION I

Canalisations aériennes.

Art. 34. — *Supports.* — Dans la traversée des routes nationales ou départementales et des chemins de grande communication ou d'intérêt commun et des voies de circulation établies sur les dépendances du domaine public fluvial ou maritime, les supports doivent être aussi rapprochés que possible.

Art. 35. — *Conducteurs.* — § 1er. — Sur les parties de voies publiques accessibles aux véhicules, le point le plus bas des conducteurs et fils de toute nature doit être au moins à six mètres de hauteur le long de ces voies et à leur traversée.

Néanmoins, des canalisations aériennes pourront être établies à moins de 6 m de hauteur :

1° A la traversée des ouvrages construits au-dessus des voies publiques, à la condition de comporter dans toute la partie à moins de six mètres de hauteur, un dispositif de protection spécial en vue de sauvegarder la sécurité ;

2° Le long et à la traversé des voies ou parties de voies interdites ou inacccessibles aux véhicules.

§ 2. — Le diamètre de l'âme métallique des conducteurs d'énergie non câblés peut, par dérogation au premier alinéa du paragraphe 2 de l'article 5, être abaissé à 2,5 mm et la charge de rupture à 200 kg pour les branchements particuliers et de canalisations d'éclairage public qui ne croisent pas des lignes de télécommunication placées au-dessous.

§ 3. — Dans le voisinage des maisons et autres bâtiments, à l'exception de ceux affectés au service de la distribution, les conducteurs, qui doivent être en tout cas hors de la portée des habitants et usagers, sont placés en dehors d'une zone de protection limitée par un plan vertical, parallèle au mur de façade, distant de un mètre au moins et par un plan incliné, parallèle au toit en pente, distant verticalement d'au moins deux mètres, ou par un plan horizontal parallèle au toit en terrasse, distant verticalement d'au moins trois mètres.

Dans le cas des toits à la Mansart, la portion de toit dont l'inclinaison sur l'horizontale sera supérieure à 45 degrés est assimilée à la partie verticale du mur de façade, c'est-à-dire que la zone de protection y sera limitée par un plan parallèle à la paroi distant d'au moins un mètre.

Les conducteurs situés à la la limite ou en dehors de la zone de protection ainsi définie doivent être à une distance minimum de un mètre de toute partie en saillie sur la façade (balcon, chéneau, etc.), ou sur le toit (cheminée, lucarne, paratonnerre) et à une distance verticale minimum de deux mètres de toute construction autre qu'un garde-corps en saillie sur le toit et située à leur aplomb.

SECTION II

Installations diverses.

Art. 36.— *Tableaux de distribution.* — Sur les tableaux de distribution, les conducteurs doivent présenter les isolements et les écartements propres à éviter tout danger.

Digitized by Google

SECTION III

Traversée des chemins de fer (1).

Art. 37. — *Prescriptions générales.* — Les prescriptions de la section I du présent chapitre sont applicables aux parties des installations traversant les lignes de chemins de fer, sous réserve des dispositions spéciales de la présente section.

DIVISION I

TRAVERSÉE DES LIGNES DES GRANDS RÉSEAUX D'INTÉRÊT GÉNÉRAL

Art. 38. — *Mise hors tension de la canalisation.* — La canalisation traversant la voie ferrée doit pouvoir être isolée de tout générateur possible de courant.

Art. 39. — *Canalisations aériennes.* — § 1er. — Toute canalisation aérienne qui n'emprunte pas un ouvrage d'art doit franchir les voies ferrées, autant que possible, d'une seule portée et suivant la direction générale de la ligne d'énergie, sans que ladite portée puisse, à moins de circonstances spéciales, dépasser 70 mètres. Son point le plus bas doit être situé à 7 mètres au moins de hauteur au-dessus du rail le plus haut; de plus, elle doit être établie à 2 mètres de distance dans le sens vertical du conducteur électrique préexistant le plus voisin longeant la voie ferrée.

§ 2. — Chaque conducteur des canalisations aériennes est relié sur chacun des supports de la traversée à deux isolateurs.

§ 3. — A chacun des supports, et à 50 centimètres au moins des isolateurs dans la portée de la traversée, est fixée une pièce de garde métallique en communication avec le sol, afin qu'en cas de rupture d'un ou plusieurs isolateurs, ce ou ces conducteurs soient en communication avec le sol.

DIVISION II

TRAVERSÉE DES LIGNES SECONDAIRES D'INTÉRÊT GÉNÉRAL ET DES LIGNES D'INTÉRÊT LOCAL

Art. 40. — *Canalisations aériennes.* — La traversée du chemin de fer, par une canalisation aérienne, est soumise aux prescriptions relelatives aux traversées de routes nationales. Toutefois, si la traversée est établie sur une partie de la voie ferrée construite sur une plate-forme indépendante, la condition relative à la hauteur des conducteurs est remplacée par la suivante : le point le plus bas des conducteurs doit être établi au moins à 3 mètres de distance verticale au-dessus du gabarit du matériel circulant sur la voie ferrée.

Art. 14. — *Croisement d'un chemin de fer avec lignes de contact de deuxième catégorie par des conducteurs aériens de distribution de première catégorie.* — Quand une canalisation aérienne de distribution de première catégorie traverse une voie ferrée d'intérêt local ou d'un réseau secondaire d'intérêt général avec traction électrique par conducteurs aériens de deuxième catégorie, les dispositions des paragraphes 2 et 3 de l'article 39 sont applicables.

(1) Ces dispositions ne s'appliquent pas aux canalisations traversant des voies de quai, des embranchements industriels et autres voies ferrées analogues ni aux lignes électriques de service établies dans les gares et stations.

Elles ne s'appliquent pas non plus aux canalisations électriques établies longitudinalement par les réseaux dans leurs emprises (les surplombs de rails dans certaines courbes ou les traversées de voies au voisinage des aiguillages ne constituant pas les traversées de lignes de chemin de fer visées par la présente section), mais elles s'appliquent aux traversées qui intéressent les voies principales.

SECTION IV

Protection des lignes de télécommunication.

Art. 42. — *Canalisations aériennes de distributions voisines de lignes de télécommunication.* — § 1er. — Lorsque les canalisations suivent parallèlement une ligne de télécommunication, la distance minimum à établir entre cette ligne et les conducteurs d'énergie doit être fixée de manière qu'il ne puisse y avoir de contact accidentel.

Cette distance prise de conducteur à fil en projection horizontale ne peut être inférieure à 1 mètre, excepté si les points de fixation des conducteurs ne sont pas distants l'un de l'autre de plus de 1 mètre, auquel cas la distance peut être réduite à 30 centimètres.

Dans tons les cas, les précautions nécessaires devront être prises pour qu'il ne se produise aucune perturbation nuisible par induction ou autrement.

§ 2. — Aux points de croisement, les conducteurs de distribution sont, autant que possible, placés au-dessus des fils de télécommunication.

Une distance minimum de 1 mètre mesurée suivant la verticale est maintenue entre les conducteurs et les fils de télécommunication. Toutefois, lorsque les conducteurs sont établis sous plomb ou sous tube métallique, cette distance peut être réduite à 30 centimètres.

Si les conducteurs sont au-dessus des fils de télécommunication, l'article 5, paragraphe 4, et l'article 34 sont applicables.

Si les conducteurs sont au-dessous des fils de télécommunication, un dispositif de garde efficace en communication avec le sol doit, en cas de nécessité, être établi entre les deux sortes de conducteurs.

Art. 43. — *Branchements.* — Les branchements verticaux ou obliques croisant des lignes de télécommunication doivent en être maintenus à une distance minimum de 50 centimètres mesurée suivant l'horizontale.

Toutefois, lorsque ces branchements sont établis sous plomb ou sous tube métallique, cette distance peut être réduite à 30 centimètres.

CHAPITRE IV

Ouvrages de deuxième catégorie.

Art. 44. — *Prescriptions générales.* — Les ouvrages de deuxième catégorie sont soumis aux prescriptions du chapitre II ci-dessus et à celles du présent chapitre.

SECTION I

Canalisations aériennes.

Art. 45. — *Supports.* — Les pylônes et poteaux métalliques ou en béton armé doivent être mis en communication avec le sol.

Ils doivent être munis, à une hauteur d'au moins 2 mètres au-dessus du sol, d'un dispositif pour empêcher, autant que possible, le public d'atteindre les conducteurs; les pylônes à treillis seront en outre munis d'un dispositif spécial empêchant l'ascension par l'intérieur.

Chaque support doit porter l'indication : « Défense absolue de toucher aux fils même tombés à terre » suivie en gros caractères des mots « Danger de mort »; cette inscription figurera sur une plaque dont les caractéristiques générales seront déterminées par le ministre des travaux publics.

Les traverses qui supportent les ferrures d'isolateurs sont pourvues des fourrures nécessaires pour boucher toute cavité où pourrait être construit un nid d'oiseau.

Dans la traversée des routes nationales ou départementales et des chemins de grande communication ou d'intérêt com-

Digitized by Google

mun et des voies de circulation établies sur les dépendances du domaine public fluvial ou maritime, les supports doivent être aussi rapprochés que possible.

Toutefois, cette prescription n'est pas applicable aux canalisations aériennes dont la section est égale ou supérieure à 48 millimètres carrés pour le cuivre ou à une section conduisant à une résistance mécanique à la rupture équivalente pour les autres métaux, et qui sont constituées en conducteurs câblés en trois brins au moins.

Art. 46. — *Conducteurs.* — § 1er. — Le point le plus bas des conducteurs et fils de toute nature surplombant les voies publiques dans une partie accessible aux véhicules doit être à 6 mètres au moins de hauteur le long de ces voies et à 8 mètres au moins, dans leur traversée.

Néanmoins, des canalisations aériennes pourront être établies à moins de 6 mètres de hauteur :

1° A la traversée des ouvrages construits au-dessus des voies publiques, à la condition de comporter, dans toute la partie à moins de 6 mètres de hauteur, un dispositif de protection spécial en vue de sauvegarder la sécurité;

2° Le long et à la traversée des voies ou parties de voies interdites ou inaccessibles aux véhicules.

§ 2. — Les mesures nécessaires sont prises pour que, dans les traversées et sur les appuis d'angle, tout conducteur d'énergie électrique, au cas où il viendrait à abandonner l'isolateur, soit encore retenu et ne risque pas de traîner sur le sol ou de créer des contacts dangereux.

§ 3. — Dans le voisinage des maisons et autres bâtiments, à l'exception de ceux affectés au service de la distribution, les conducteurs qui doivent être en tout cas hors de la portée des habitants et usagers, sont placés en dehors d'une zone de protection limitée par un plan vertical, parallèle au mur de façade distant de un mètre au moins et par un plan incliné, parallèle au toit en pente distant verticalement de 2 mètres au moins, ou par un plan horizontal parallèle au toit en terrasse distant verticalement de 3 mètres au moins.

Dans le cas des toits à la Mansard, la portion de toit dont l'inclinaison sur l'horizontale sera supérieure à 45 degrés est assimilée à la partie verticale du mur de façade, c'est-à-dire que la zone de protection y sera limitée par un plan parallèle à la paroi distant de 1 mètre au moins.

Les conducteurs situés à la limite ou en dehors de la zone de protection ainsi définie doivent être à une distance minimum de 1 mètre de toute partie en saillie sur la façade (balcon, chéneau, etc.), ou sur le toit (cheminée, lucarne, paratonnerre) et à une distance verticale minimum de 2 mètres de toute construction autre qu'un garde-corps en saillie sur le toit et située à leur aplomb.

Art. 47. — *Résistance mécanique des ouvrages.* — Le coefficient de sécurité des supports, des ferrures d'isolateurs et des conducteurs sera uniformément égal à trois, sauf en ce qui concerne les supports et ferrures d'isolateurs établis dans les agglomérations, en encadrant une traversée de route nationale ou départementale, de chemin de grande communication ou d'intérêt commun ou de voie de circulation établie sur les dépendances du domaine public fluvial ou maritime, ou située dans une partie de gare ou station ouverte au public, pour lesquels ce coefficient sera porté à 5.

Art. 48. — *Distribution desservant plusieurs agglomérations.* — Dans les distributions desservant un certain nombre d'agglomérations distantes les unes des autres, l'entrepreneur de la distribution est tenu d'établir, entre chaque agglomération importante desservie et l'usine de production de l'énergie ou le poste le plus voisin, un moyen de communication directe.

L'entrepreneur de la distribution est dispensé de la prescription ci-dessus s'il a établi, à l'entrée de chaque agglomération importante, un appareil permettant de couper le courant toutes les fois qu'il est nécessaire.

Toutefois, les dispositions ci-dessus ne sont pas applicables aux conducteurs aériens d'alimentation qui devront être protégés par des dispositifs destinés à limiter l'intensité du courant.

Section II

Sous-stations, postes de transformation et installations diverses.

Art. 49. — *Moteurs, transformateurs et appareils.* — § 1er. — Les locaux non gardés dans lesquels sont installés des transformateurs doivent être fermés à clef; lorsque les portes de fermeture sont à rabattement, elles doivent s'ouvrir vers l'extérieur; si elles s'ouvrent sur une voie publique ou sur les dépendances du domaine public fluvial ou maritime, elles devront se rabattre et être fixées sur le mur de façade, de façon à réduire la saillie au minimum.

Des écriteaux très apparents sont apposés partout où il est nécessaire pour prévenir le public du danger d'y pénétrer.

§ 2. — Si une machine ou un appareil électrique se trouve dans un local ayant en même temps une autre destination, la partie du local affectée à cette machine ou à cet appareil est rendue inaccessible par un garde-corps ou un dispositif équivalent, à toute personne autre que celle qui en a la charge. Une mention indiquant le danger doit être affichée en évidence.

§ 3. — Les bâtis et pièces conductrices non parcourus par le courant qui appartiennent à des moteurs et transformateurs sont reliés électriquement au sol ou isolés électriquement du sol. Dans ce dernier cas, les machines sont entourées par un plancher de service non glissant isolé du sol et assez développé pour qu'il ne soit pas possible de toucher à la fois à la machine et à un corps conducteur quelconque relié au sol.

La mise au sol ou l'isolement électrique est constamment maintenu en bon état.

§ 4. — Les passages ménagés pour l'accès aux machines et appareils placés à découvert ne peuvent avoir moins de deux mètres de hauteur; leur largeur mesurée entre les machines, conducteurs ou appareils eux-mêmes, aussi bien qu'entre ceux-ci et les parties métalliques de la construction ne doit pas être inférieure à un mètre.

Toutefois, lorsque les machines, conducteurs ou appareils sont protégés par un grillage ou par un écran placé à 30 centimètres au moins de distance horizontale et régnant sur 2 mètres au moins de hauteur, ou sur toute la hauteur libre, si elle est inférieure à 2 mètres, la largeur des passages d'accès ménagés entre les grillages ou écrans eux-mêmes, aussi bien qu'entre ceux-ci et les parois de la construction, peut être réduite à 80 centimètres.

Art. 50. — *Canalisations installées à l'intérieur des sous-stations et postes de transformation.* — § 1er. — A l'intérieur des sous-stations et postes de transformation, les canalisations nues de deuxième catégorie doivent être établies sur des isolateurs convenablement espacés et être écartées des masses métalliques telles que piliers ou colonnes, gouttières, tuyaux de descente.

§ 2. — Les canalisations nues doivent être protégées par un grillage ou par un écran placé à une distance qui, en aucun cas, ne pourra pas être inférieure à 30 centimètres.

Cette protection sera établie pour toutes parties de canalisations dont la distance, par rapport au sol, plancher ou passage, ne sera pas supérieure à 2 mètres.

§ 3. — La largeur des passages d'accès ménagés entre les grillages ou écrans eux-mêmes, aussi bien qu'entre ceux-ci et les parois de la construction, ne doit pas être inférieure à 80 centimètres.

§ 4. — Tous les conducteurs et appareils de deuxième catégorie doivent, notamment sur les tableaux de distribution, être nettement différenciés des conducteurs ou appareils de

Digitized by Google

première catégorie par une marque très apparente (une couche de peinture par exemple).

§ 5. — Il pourra être fait emploi, pour protéger le personnel contre les conducteurs sous tension, de pancartes ou d'écrans très visibles mentionnant l'interdiction d'ouvrir tant que les conducteurs du compartiment qu'ils commandent sont sous tension. A défaut de ce procédé, on devra faire emploi de tout procédé procurant une sécurité équivalente.

Art. 51. — *Tableaux de distribution.* — § 1er. — Sur les tableaux de distribution portant sur leur face avant (où se trouvent les poignées de manœuvre et les instruments de lecture) des appareils et pièces métalliques pouvant être sous tension, le plancher de service doit être isolé électriquement et établi dans les conditions indiquées à l'article 40, paragraphe 3.

§ 2. — Quand des appareils et pièces métalliques pouvant être sous tension sont établis à découvert sur la face arrière du tableau, un passage entièrement libre de 1 mètre de largeur et de 2 mètres de hauteur au moins est réservé derrière lesdits appareils et pièces métalliques; l'accès de ce passage est défendu par une porte fermant à clef, laquelle ne peut être ouverte que par ordre du chef de service ou par ses préposés; l'entrée en sera interdite à toute autre personne.

Art. 52. — *Mise au sol des colonnes et autres pièces métalliques des sous-stations et postes de transformation.* — Les colonnes, les supports et, en général, toutes les pièces métalliques des sous-stations et postes de transformation, qui risqueraient d'être soumis à une tension de deuxième catégorie, devront être convenablement reliés au sol.

Section III

Traversée et voisinage d'autres lignes d'énergie électrique.

Art. 53. — *Canalisations aériennes.* — § 1er — Les prescriptions de la section I du présent chapitre sont applicables aux canalisations de distribution traversant ou avoisinant d'autres lignes d'énergie électrique.

§ 2. — En outre, toute canalisation aérienne de distribution doit être établie à 2 mètres au moins du conducteur d'énergie préexistant le plus voisin.

§ 3. — Toutefois, dans le cas où la canalisation serait établie sur les mêmes supports que le conducteur préexistant, sa distance à ce conducteur peut être abaissée à celle qui sépare entre eux les conducteurs de la canalisation ayant la tension la plus élevée, si elle est inférieure à 2 mètres.

Section IV

Traversées aériennes de chemins de fer (1).

Art. 54. — *Prescriptions générales.* — Les prescriptions de la section I et, lorsque le mode de traction adopté est la traction électrique, celles de la section III du présent chapitre sont applicables aux parties des installations traversant les lignes de chemins de fer sous réserve des dispositions spéciales de la présente section.

(1) Ces dispositions ne s'appliquent pas aux canalisations traversant des voies de quai, des embranchements industriels, et autres voies ferrées analogues, ni aux lignes électriques de service établies dans les gares et stations.

Elles ne s'appliquent pas non plus aux canalisations électriques établies longitudinalement par les réseaux dans leurs emprises (les surplombs de rails dans certaines courbes ou les traversées de voies au voisinage des aiguillages ne constituant pas les traversées de lignes de chemins de fer visées par la présente section), mais elles s'appliquent aux traversées qui intéressent les voies principales.

Division I

Traversée des lignes des grands réseaux d'intérêt général

Art. 55. — *Mise hors de tension des canalisations.* — Une canalisation traversant la voie ferrée doit pouvoir être isolée de tout générateur possible de courant.

Art. 56. — *Dispositions spéciales.* — § 1er — Toute canalisation aérienne qui n'emprunte pas un ouvrage d'art doit franchir les voies ferrées, autant que possible, d'une seule portée et suivant la direction générale de la ligne d'énergie, sans que ladite portée puisse, à moins de circonstances spéciales, dépasser 70 mètres. Son point le plus bas doit être situé à 7 mètres au moins de hauteur au-dessus du rail le plus haut; de plus, elle doit être établie à 2 mètres de distance dans le sens vertical du conducteur électrique préexistant le plus voisin longeant la voie ferrée.

§ 2. — Chaque conducteur des canalisations aériennes est relié sur chacun des supports de la traversée à deux isolateurs.

§ 3. — A chacun des supports et à 50 centimètres au moins des isolateurs dans la portée de la traversée, est fixée une pièce de garde métallique en communication avec le sol, afin qu'en cas de rupture d'un ou plusieurs isolateurs ou conducteurs, ce ou ces conducteurs soient en communication avec le sol.

Toutefois, ces dispositions ne s'appliquent pas aux lignes montées avec isolateurs suspendus, pour lesquelles elles sont remplacées par les suivants.

A chaque support est installé un dispositif tel qu'il puisse recevoir les conducteurs en cas de rupture d'une ou plusieurs chaînes, les maintenir à la hauteur spécifiée au paragraphe 1er du présent article et les mettre en communication avec le sol.

§ 4. — *a*) On ne fera pas usage de poteaux ou pylônes en bois dans la traversée et les portées immédiatement contiguës.

Toutefois, lorsque, dans la traversée, la ligne aérienne est remplacée par un câble souterrain, l'emploi de poteaux ou pylônes en bois est autorisé à chaque extrémité de cette traversée à la condition que la hauteur de chaque support soit inférieure à sa distance aux emprises du chemin de fer.

b) La section de l'âme métallique des conducteurs ne peut être inférieure à 12 millimètres carrés pour les portées inférieures ou égales à 40 mètres et à 19 millimètres carrés pour les portées supérieures à 40 mètres.

La section pourra toutefois être inférieure aux minima ci-dessus indiqués, si la traversée est constituée par des conducteurs solidaires, pourvu que le coefficient de sécurité de l'ensemble de ces conducteurs solidaires soit au moins égal à celui qu'assurerait l'emploi des conducteurs simples ayant les sections minima fixées par l'alinéa précédent.

(*A suivre.*)

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

94 931. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris. — 1927.

Digitized by Google

36e Année. — N° 846 25 Septembre 1927.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTEUR EN CHEF
ALFRED SOULIER
Le 2e vendredi de chaque mois de 15 h. à 16 h.

ABONNEMENTS
Paris et Départements : 30 francs par an.
Union postale : 40 francs par an.

ADMINISTRATION
9, rue de Fleurus, 9. — Paris (VIe)
TÉLÉPHONE :
Ségur 04-23 et Ségur 04-44.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction au Rédacteur en Chef, 9, rue de Fleurus.

Pour toute demande de numéros de L'Industrie Électrique *on est prié de joindre, à la demande, le montant de l'envoi, en timbres-poste ou en mandat postal.*

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — Le Centenaire de Volta. — Unification de la fréquence dans la région parisienne. — Kilowatt ou cheval-vapeur ? — La répartition mondiale du commerce radioélectrique. — Expériences sur ondes courtes. — Télégraphie par courants porteurs au Canada. — Téléphonie Transatlantique Amérique-Hollande. — Travaux hydroélectriques canadiens. — Electrification des chemins de fer du Japon. — Equipements radiotélégraphiques pour traversées aériennes transatlantiques. — L'emploi du moteur synchrone dans la marine. — Un nouveau relai électronique ultra-sensible. — Entreprises américaines en Hongrie. — Distinctions honorifiques. . . . 409

CORRESPONDANCE. 412

ERRATUM. 412

DE L'UTILISATION DES CONTACTEURS DANS L'INDUSTRIE. G. POUX. . . 413

COMMENT PRODUIRE GRATUITEMENT UN KILOWATT-HEURE DE 3000 CALORIES (*suite et fin*). Henry. 420

COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES. — Sur les oscillations de Barkhausen obtenues avec des lampes françaises, par M. E. Pierret. — Sur les propriétés magnétiques du chlorure et du sulfate de vanadyle et sur le moment atomique du vanadium tétravalent, par M. Nicolas Perrakis. — Sur la réaction électrique des cellules végétales et ses relations avec l'excitabilité, par M. et Mme Lapicque. 425

REVUE DE LA PRESSE. — *Mesures* : Méthodes modernes de mesure des capacités. — *Divers* : Les redresseurs à vapeur de mercure du métropolitain de Berlin. — Les emprunts Italiens en Amérique. 427

ARRÊTÉ DU 30 AVRIL 1927 DÉTERMINANT LES CONDITIONS TECHNIQUES AUXQUELLES DOIVENT SATISFAIRE LES DISTRIBUTIONS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE (*suite*). 429

INFORMATIONS

Le Centenaire de Volta. — Il vient de se tenir à Côme (Italie) une série de congrès et d'expositions, pour commémorer le centenaire d'Alessandro Volta, l'inventeur de la pile électrique.

A côté des congrès nationaux, et internationaux de science pure et appliquée, qui se sont suivis dans la période de mai à septembre, il y a eu une grande exposition internationale d'électricité, en même temps qu'une exposition fort complète de toutes les industries nationales qui s'y rattachent, ainsi que des concours internationaux de télégraphie et de téléphonie : le tout a eu pour siège la Villa Olmo, une des plus célèbres villas du lac de Côme.

La cérémonie finale a consisté en une commémoration solennelle de Volta, à laquelle ont été invités les délégués de corps scientifiques du monde entier.

A signaler un trait d'une importance toute spéciale : le Congrès international des physiciens, qui a eu lieu du 11 au 16 septembre, a réuni les noms les plus illustres de la physique contemporaine.

Tous les grands problèmes d'actualité y ont été passés en revue.

Ont été invités et ont envoyé leur adhésion, avec promesse d'intervenir : MM. Ehrenhaft, Smekal. Lennan, Heisenberg, Brillouin, de Broglie, Boucherot, Cotton, Fabry Janet, Langevin, Perrin, Weiss, Born, Franck, Gerlach, Gruneisen, Laue, Paschen, Planck, Sommerfeld, Stern, Wagner, Megh Nad Saha, Aston, Bragg, Eddington, Fleming, Richardson, Rutherford, Thomson, Amaduzzi, Amerio, Cantone, Corbino, Fermi, Garbasso, Gianfranceschi, Giorgi, Livi Civita, Lo Surdo, Majorana, Marconi, La Rosa, Perucca, Somigliana, Stranco, Volterra, Kramers, Lorentz, Zeeman, Frenkel, Lasareff, Alcobé, Cabrera, Bridgman, Compton, Duane, Hall, Kennely, Langmuir, Michelson, Millikan, Pupin, Tolman, Wood, Siegban, Debye.

On ne pouvait trouver de façon plus digne d'honorer la mémoire du savant célèbre que de réunir dans sa ville natale l'élite de la physique moderne.

A. S.

Digitized by Google

Unification de la fréquence dans la région parisienne. — Il faut rendre justice à l'esprit de suite dont font preuve les Compagnies distributrices d'Energie électrique, que les difficultés de l'heure présente n'arrêtent pas dans la réalisation de leur programme d'amélioration.

La fréquence 41 2/3 a été entièrement et définitivement supprimée dans la banlieue Nord le 26 août dernier.

En dehors de Paris, toutes les distributions sont désormais à 50 per : sec, à l'exception du seul chemin de fer de l'État.

A l'intérieur de Paris, une notable partie de la rive droite reçoit la fréquence 50.

Dès le début de 1928, les travaux seront poussés simultanément sur les deux rives.

Kilowatt ou cheval-vapeur? (*The Electrical Review*, 15 juillet 1927.) — L'anomalie qui existe entre les expressions de la puissance propre d'une turbine hydraulique et la puissance qu'elle fournit, exprimées, l'une en chevaux-vapeur, l'autre en kilowatts, a retenu l'attention du comité américain de la normalisation industrielle. La question a été étudiée par un comité réduit composé de 40 ingénieurs à la tête de l'industrie hydro-électrique américaine, représentant 28 groupements. Ce même comité a examiné également le meilleur mode d'expression des fluctuations, de la capacité d'utilisation des sources hydrauliques, par rapport aux modifications de régimes des cours d'eau qui les alimentent.

Une installation thermique de 100000 kw peut débiter à pleine charge tant que l'on alimente ses chaudières et ses foyers. Mais une installation hydraulique est limitée par le débit du cours d'eau sur ses turbines.

Dans quelques-unes des stations hydrauliques les plus modernes, le débit maximum ne peut être assuré que pendant deux mois de l'année environ. Le comité américain a cherché la meilleure formule pour exprimer l'influence de la variation du régime du cours d'eau, sur la capacité d'utilisation des usines. Après une étude de plus d'un an, il a proposé que cette capacité d'utilisation des centres hydroélectriques soit exprimée en kilowatts, plutôt qu'en chevaux-vapeur; qu'en outre, le chiffre donné se rapporte au potentiel théorique de puissance, sans déduction de pertes dans les roues de turbines, générateurs, transformateurs, etc.; qu'enfin, cette capacité soit exprimée pour deux régimes de courant : l'une pour un courant de 50 pour 100, correspondant à un régime utilisable pendant 90 pour 100 du temps; l'autre, pour un courant de 50 pour 100 correspondant à un régime utilisable pendant 50 pour 100 du temps.

Toutes les personnalités intéressées aux questions hydro-électriques américaines sont invitées à faire connaître leur opinion à ce sujet très librement, de telle façon que l'adoption définitive de ces définitions corresponde à la majorité de l'opinion. J. M.

La répartition mondiale du commerce radioélectrique. (*The Electrician*, 8 juillet 1927.) — Une statistique à ce sujet montre que les États-Unis viennent en tête avec des chiffres d'exportation pour 1925 et 1926 de 2042000 livres et 1815000 livres. L'Allemagne vient ensuite avec 1478000 livres et 1581000 livres. Enfin l'Angleterre avec 1280000 livres et 1266000 livres. Ces chiffres montrent que l'Amérique et l'Angleterre voient plutôt leur exportation diminuer, tandis que l'Allemagne, déjà au second rang, améliore nettement sa situation par rapport aux autres.

L'exportation française n'atteint que les 2/3 de celle d'Angleterre, malgré notre dépréciation monétaire relative. Mais la défiance serait probablement moins grande, si la stabilisation des échanges était effectivement réalisée.

Ces chiffres montrent que la lutte s'engage très serrée entre les divers pays pour une industrie aussi nouvelle qui est encore loin d'atteindre son plein développement. Les efforts des années actuelles auront une influence considérable sur les situations futures. J. M.

Expériences sur ondes courtes. (*The Electrical Review*, 17 juin 1927.) — Les deux stations de radiodiffusion de Schenectady firent récemment, à 2 reprises, et pendant 24 heures chaque fois, un essai de transmission sur les ondes de 32,77 m (2XAF) et 26,8 m (2XAD) en vue d'observer la réception à distance. D'après le correspondant à Londres de l'*Evening News*, les résultats d'écoute en Angleterre ne seraient pas en faveur de l'installation immédiate d'un poste relais en Europe. La réception eut lieu avec des postes spéciaux du type superhétérodyne. Elle restait très forte et claire de 10 h du soir à 4 h du matin, sans différence notable entre les ondes de 32, 26 ou 22 m. A toute autre heure, la réception était distordue, et très sujette aux évanouissements. J. M.

Télégraphie par courants porteurs au Canada. (*The Electrical Review*, 29 juillet 1927.) — Les chemins de fer nationaux canadiens viennent de mettre en service leur premier réseau télégraphique par courants porteurs. L'introduction de ce système, entre Montréal et Toronto, a permis d'augmenter la capacité de trafic d'une ligne à un seul fil dans le rapport de 11 à 1. Le trafic entre ces deux villes s'effectue maintenant de la même façon que si elles étaient reliées par onze lignes monofilaires. Le courant porteur est de faible intensité et de très haute fréquence, anologue à l'onde porteuse des émissions radiotéléphoniques. Les différentes fréquences sont filtrées à travers des circuits constitués par des selfs inductances des capacités: elles s'étendent entre 3500 et 10000 per : sec. Un même conducteur en transmet 10 simultanément, comprises entre ces limites, et correspondant chacune à un message différent. L'emploi de fréquences plus élevées permettait d'écouter près de 50 communications simultanées sur un même circuit à deux fils. Ces fréquences sont fournies par des circuits oscillants associés à des tubes à vide. Les relais télégraphiques commandent les divers oscillateurs de la même manière qu'ils agiraient sur un courant continu télégraphique normal.

Ce procédé serait, paraît-il, à l'abri de toutes les perturbations électriques parasites, y compris celles des courants telluriques. L'expérience a montré que l'exploitation d'un tel système est possible, même dans les cas de mise à la terre permanente ou de rupture du conducteur; les courants de haute fréquence traversent en effet les discontinuités successives aux ruptures. J. M.

Téléphonie Transatlantique Amérique-Hollande. (*The Electrical Review*, 29 juillet 1927.) — Des expériences ont lieu, dans le but de déterminer les possibilités d'exploitation d'un service téléphonique Amérique-Hollande *via* l'Angleterre. L'Administration postale anglaise aurait informé les autorités hollandaises de son avis favorable au projet définitf. J. M.

Travaux hydroélectriques canadiens. (*The Electrical Review*, 29 juillet 1927.) — La Gatineau Power Company, filiale de l'International Paper Company annonce l'acquisition, pour son propre compte, de l'Ottawa-Montreal Power C° et de la Quebec Southern Power Corporation. La première de ces compagnies desservant la région du confluent de l'Ottawa et du St-Lawrence, possède cinq stations centrales en fonctionnement, deux sur le fleuve Rouge, deux sur le fleuve North, et une sur la rivière Blanche, fournissant, au total, 11300 ch. La Quebec Southern Power Corporation compte des installations hydroélectriques sur les fleuves Ouareau, North; elle dessert la région nord de Montréal.

La Gatineau Company est une des plus récentes entreprises hydroélectriques canadiennes. Ses extensions aux Farmer's Rapids, à Chelsea, et Paugan Falls, sur le fleuve Gatineau, au

Digitized by Google

nord d'Ottawa, seront susceptibles de fournir plus d'un demi-million de ch dont 260000 ch doivent être cédés à l'Hydro-Electric Power Commission de Ontario. Ses récentes acquisitions, jointes à ses plus anciennes absorptions telles que la Maniwaki Power et Telephone Company, Hull Electric Company, Bonhomme Electric Company, et Papineauville Electric Company, donnent à la Gatineau Power Company des moyens d'action considérables; on projette l'interconnexion de tous ses réseaux de distribution, réunis alors en un seul grand réseau couvrant 11500 km². J. M.

Électrification des chemins de fer du Japon. (*The Electrical Review*, 29 juillet 1927.) — Le ministère des chemins de fer japonais aurait approuvé la construction des lignes électriques suivantes : chemins de fer électriques de Keihoku, entre Itabashi et Omiya; chemins de fer électriques de Joto, entre Kameido et Ojumo; chemins de fer électriques de Yoyogi, entre Hatagaya et Shibuya; chemins de fer électriques de Oji, entre Hachioji et Asakawa; Compagnie électrique Musashino, entre Nexima et Shimo-Tuzuka; Compagnie électrique Tamagawa, entre Shinagawa et Kami-Méguro; chemins de fer de ceinture de Tokio, entre Shinagawa et Suzaki et entre Shinzuku et Shibuga; ligne électrique à trolley de Tokio, entre Nagasuki-Mura et Hatagaya. Tous ces travaux correspondent à des extensions de lignes déjà en service. J. M.

Équipements radiotélégraphiques pour traversées aériennes transatlantiques. (*The Electrical Review*, 29 juillet 1927.) — L'aviateur anglais, le capitaine Courtney's qui se propose d'effectuer la traversée aérienne Southampton New-York, dans le but de montrer les possibilités commerciales de l'aviation transatlantique, plutôt que d'accomplir une prouesse d'endurance, a fait mettre sur son appareil un ensemble émetteur-récepteur radiotélégraphique très complet. Il considère, avec juste raison d'ailleurs, que cet ensemble lui sera un des auxiliaires les plus précieux du voyage, pour conserver le contact avec la terre et les navires en mer; un récepteur radiogoniométrique lui permettra en outre de connaître sa position en vol. L'avion étant du type entièrement métallique réclamait une installation de télégraphie sans fil spéciale. Les deux moteurs, situés au-dessus du fuselage sont placés sous une enveloppe métallique complètement fermée destinée à réduire au minimum l'influence des courants de magnétos sur le récepteur. Mais la présence de tant de masses métalliques au voisinage du cadre récepteur radiogoniométrique a nécessité pour celui-ci le choix d'un emplacement convenable, à l'abri d'influences susceptibles de causer des erreurs de relevés de position. Le cadre comporte : deux enroulements dans des plans verticaux parrallèles à l'arc longitudinal du fuselage, et un enroulement perpendiculaire aux pendants, dans le sens des ailes. Ce radiogoniomètre est du type Bellini-Tosi, avec amplificateurs comprenant au total 20 lampes amplificatrices et permettant une distance de réception de l'ordre de 480 km.

L'émetteur, d'une puissance de 500 w, est du type à lampes. Il est prévu pour travailler sur 600 m de longueur d'onde, en ondes entretenues modulées à fréquence acoustique, pour permettre aux navires de recevoir facilement ses messages. L'antenne mesure environ 60 m de longueur; elle est montée sur un rouet à commande mécanique évitant tout risque de rupture du fil pendant le déroulement. L'énergie électrique sera fournie par une génératrice actionnée dans le vent, et montée dans le champ des hélices de l'avion. Cette génératrice fournit les haute et basse tensions nécessaires. L'alimentation des filaments des lampes s'effectue toutefois en tampon avec une batterie d'accumulateurs. Un tableau comporte tous les appareils de contrôle utiles.

Dans le cas d'un amerissage, il est prévu une antenne de secours de 10 à 15 m de hauteur montée sur un mât télescopique en bois. La génératrice est alors entraînée en convertisseur alimenté par la batterie d'accumulateurs de bord. J. M.

L'emploi du moteur synchrone dans la marine. (*The Electrician*, 29 juillet 1927.) — Il est certain que la tendance actuelle dans la marine est de remplacer le moteur d'induction par le moteur synchrone, pour la propulsion électrique. L'American General Electric C° s'est cependant toujours montrée opposée à cette tendance, estimant que les variations de vitesse nécessaires aux cuirassés et croiseurs peuvent s'obtenir par des dispositifs plus légers et de meilleur rendement, comme, par exemple, un ensemble de deux groupes moteurs attaquant l'arbre de l'hélice, et possédant chacun un nombre de pôles différent, en rapport avec les vitesses cherchées.

Le moteur synchrone de propulsion possède un rotor en cage d'écureuil; le démarrage, le renversement de sens de marche, et la synchronisation utilisent donc les caractéristiques du moteur d'induction. En fait, il ne devient synchrone qu'une fois excité sous courant continu.

Les moteurs à courant alternatif utilisés pour la propulsion des navires de guerre et de commerce entrent dans l'une des catégories ci-dessous :

1° Moteurs d'induction à bagues et résistances extérieures.

2° Moteur d'induction sans bagues, mais avec rotor à deux enroulements en cage : un enroulement résistant, logé en haut des encoches, près de la périphérie du rotor, et un enroulement très peu résistant, logé dans les mêmes encoches et sous le précédent. En marche normale, lorsque l'intensité varie lentement dans le rotor, c'est l'enroulement à faible résistance qui travaille; lorsque la fréquence de variation s'élève (par exemple dans le cas de l'inversion du sens de rotation de l'hélice), la self-inductance de cet enroulement induit du courant dans l'enroulement résistant, il en résulte un couple élevé.

3° Moteurs d'induction sans bagues, avec un rotor en cage d'écureuil constitué par des barres étroites et profondes. Pendant les inversions de marche, ces moteurs se comportent comme ceux à double cage.

4° Moteurs d'induction avec bagues, mais sans résistances extérieures. Un enroulement à faible résistance vient se superposer dans les encoches du rotor à un enroulement à très grande résistance. Le premier est relié aux bagues. Pour que le second soit le siège d'un courant pendant l'inversion de marche de l'hélice, on ouvre le circuit du premier au moyen de commutateurs connectés sur les bagues.

Si le moteur est bobiné pour pouvoir donner différentes vitesses, les balais et les bagues peuvent être artificiellement supprimés pour la vitesse la plus élevée; on leur évite ainsi de supporter des intensités importantes. Tous les changements de sens de rotation de l'hélice sont faits à la vitesse minima.

5° Moteurs synchrones dont les enroulements polaires périphériques sont constitués par des barres de très faible résistance. Dans ce cas, au cours de l'inversion de marche, l'hélice est amenée au repos par inversion des phases du circuit ouvert, et en appliquant ensuite un champ très élevé sur le moteur, l'excitation du générateur étant coupée. L'hélice entraine alors le moteur synchrone en générateur. Le couple est suffisant pour l'amener presque à l'immobilité. Le générateur principal est alors excité de nouveau et désolidarisé du moteur synchrone. Si le régulateur de la turbine a été précédemment réglé pour une vitesse lente, le moteur synchrone s'inversera, puis atteindra rapidement le synchronisme, en même temps que le circuit d'excitation sera de nouveau fermé. Une petite résistance à refroidissement dans l'air peut être introduite dans le circuit du générateur aux périodes d'arrêt. Le couple se trouve être augmenté, avec une excitation moindre et une intensité de circulation plus faible, entre les deux machines.

Digitized by Google

Les avantages du moteur synchrone sur le moteur d'induction sont : 1° un meilleur rendement de transmission d'énergie, dû au fonctionnement sous facteur de puissance unité; 2° les entrefers de circuits magnétiques peuvent être plus larges; 3° le générateur et le moteur sont plus légers et moins onéreux. J. M.

Un nouveau relai électronique ultra-sensible. (*Popular Radio*, juin 1927.) — M. D.-D. Knowles, du laboratoire de recherches de la Westinghouse Electric and Manufacturing Company vient de réaliser un relais électronique sensible au billonième de w. Cette énergie représente à peu près celle nécessaire à une mouche pour se déplacer de 6/10 mm. Il est constitué par une ampoule de verre, analogue à celle d'une lampe à vide à l'intérieur de laquelle sont disposées d'une façon particulière, les trois électrodes habituelles : grille, plaque et filament, dont les situations respectives sont exactement l'inverse des éléments d'une lampe normale. La cathode, (filament) est à l'extérieur; elle est constituée par un cylindre ouvert d'aluminium, de 2,5 cm de diamètre et de 0,6 cm de longueur. L'anode est à l'intérieur, sous forme d'un fil de nickel, complètement enrobé dans un tube de verre, sauf à son extrémité supérieure, laissée libre sur une très courte longueur. La grille est un autre fil, sous verre également, qui longe parallèlement l'anode, puis se recourbe perpendiculairement sur son extrémité libre, dont elle est distante de 0,07 cm. L'ampoule est remplie de néon, ou d'argon, soit encore d'un gaz inerte, sous très faible pression.

La grille n'est raccordée à aucun circuit. Elle se charge donc négativement, dès que l'anode et la cathode sont soumises à une différence de potentiel convenable (440 v 60 par exemple) et bloque tout passage de courant à l'intérieur du tube.

Mais le moindre chemin de fuite offert à la grille entraîne l'écoulement de sa charge négative; ce qui laissera toute liberté de passage au courant cathode-anode, qui affectera une forme redressée, si l'alimentation plaque est faite sous tension alternative. L'amplification du phénomène est de l'ordre de 1 à 100 000 000.

Le simple passage de la connexion de grille à l'intérieur d'une flamme suffit à amorcer le relais. Son contact avec l'eau agit de même. Le relais peut donc être utilisé comme avertisseur d'incendie ou d'inondation. En inversant ses connexions, il peut encore signaler l'arrêt d'un four. L'approche de la main d'une surface métallique reliée à la grille peut aussi déclencher le courant plaque; la simple approche d'un corps humain produit le même effet.

On peut entrevoir pour cet appareil, des débouchés variés et très importants, pour lesquels sa simplicité et sa sensibilité l'emporteront sur les appareils détecteurs de présence à circuits oscillants plus ou moins complexes, agissant par variation de capacité. J. M.

Entreprises américaines en Hongrie. (*The Electrical Review*, 15 juillet 1927.) — On signale que les négociations en cours, qui ont pour but d'attribuer à la Standard Electric Company, la majorité dans la direction des ateliers téléphoniques de la Ver. Gluhlampenfabrik, de Hongrie, seraient près d'aboutir. Cette dernière transmettrait ses ateliers téléphoniques à une compagnie indépendante dans laquelle la Standard Electric Company détiendrait la plupart des actions.

La Compagnie Américaine a acquis récemment une part importante de la Ver. Telephonfabrik (anciennement Czeya, Nissl et C°) de Vienne. J. M.

Distinctions honorifiques. — Parmi les récentes promotions ou nominations dans l'Ordre National de la Légion d'honneur, nous sommes heureux de citer :

A la dignité de *grand Officier* :

M. Le Chatelier (Henri-Louis), inspecteur général des mines en retraite. Membre de l'Institut. Membre de la Commission des Recherches scientifiques et de la Commission des Chaux et Ciments au Ministère des Travaux publics.

Au grade de *Commandeur* :

M. Brylinski (Théodore-Emile), délégué général du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'énergie électrique.

Au grade d'*Officier* :

M. Willemin (Paul-Théodule-Henry), inspecteur général des Ponts et Chaussées de 2° classe.

Au grade de *Chevalier* :

MM. David (Charles-Romain), directeur adjoint du réseau des tramways de Marseille;

Goetz (Charles), ingénieur en chef à la Société alsacienne de Construction mécanique à Mulhouse;

Poitrinal (Socrate-Louis), directeur technique de la Société Electro-Câble;

Semat (Jean-Laurent), ingénieur-électricien;

Suhr (Jean), directeur du service des recherches à la Compagnie de Produits chimiques d'Alais, Froges et Camargue.

CORRESPONDANCE

Nous recevons la lettre suivante que notre impartialité nous fait un devoir d'insérer :

Moteurs asynchrones à polarités multiples.

Monsieur le Rédacteur en chef,

Rentrant à Paris après quelque temps d'absence, je lis dans le n° 843 de l'*Industrie électrique* (p. 351-352) un article sur les moteurs asynchrones à polarités multiples (4, 6, 8 pôles) de la Maison Bréguet.

L'auteur de cet article indique que le schéma de ces moteurs a été inventé par M. Mathivet. Cette affirmation est inexacte : M. Mathivet a imaginé un schéma permettant les couplages 2, 4, 8 pôles avec 24 bornes; ce schéma a fait l'objet du brevet n° 570 406 du 31 août 1923 de la Maison Bréguet. Le schéma donnant 4, 6 et 8 pôles avec 14 bornes, dont il est question dans l'article en cause, a été imaginé par moi-même (sauf antériorité que j'ignore) à une date plus ancienne; les premières applications en ont été réalisées en 1924 par la Maison Bréguet sur des moteurs vendus aux Mines de Vicoigne et Nœux, dont M. Mathivet est ingénieur en chef, ce qui a probablement provoqué la confusion.

La Maison Bréguet m'a reconnu, par lettre du 6 janvier 1925, le droit de breveter ce schéma 4, 6, 8 pôles à mon nom; j'ai d'ailleurs renoncé à prendre ce brevet en raison de l'intérêt assez limité des applications de ce système.

Espérant que vous voudrez bien insérer cette rectification dans un prochain numéro de l'*Industrie électrique*, je vous prie d'agréer, etc. H. de Pistoye.

Ingénieur-Conseil.

ERRATUM

Sur le fonctionnement des moteurs asynchrones polyphasés à couple constant. — Dans l'article paru page 589 de notre dernier numéro du 10 septembre 1927, le graveur a mal interprété les indications de la figure originale :

L'angle HOM est l'angle β et non B.

L'angle en D est l'angle φ et non S.

La chose est évidente d'après le texte, et nous pensons que nos lecteurs auront fait la rectification d'eux-mêmes par la pensée. *N. D. L. R.*

Digitized by Google

DE L'UTILISATION DES CONTACTEURS
DANS L'INDUSTRIE

Dans cet article sommaire, nous ne nous occuperons que des contacteurs à bobine shunt qui sont les plus fréquents ; quoique les exemples cités ne concernent que l'utilisation du courant alternatif triphasé, ces appareils s'emploient très souvent en courant continu et le montage reste sensiblement le même.

Nous donnerons d'abord le principe et les propriétés principales des contacteurs, puis nous citerons de nombreux exemples de montage permettant de se rendre compte des possibilités de leur utilisation.

Principe. — Un contacteur se compose d'un interrupteur à un ou plusieurs pôles et d'une bobine d'enclanchement commandant cet interrupteur : lorsque la tension est appliquée aux bornes de cette bobine, l'interrupteur se ferme et reste fermé tant que la tension reste appliquée ; dès que la tension n'est plus appliquée, l'interrupteur s'ouvre de lui-même sous l'action de ressorts. On voit que lorsqu'un courant auxiliaire traverse la bobine, le courant principal continu ou alternatif, mono ou polyphasé peut traverser le circuit principal ; inversement si le courant auxiliaire de la bobine est coupé, le courant principal l'est également. Le contacteur joue donc un rôle de relai.

Pour la description de ces appareils, nous renvoyons le lecteur à la documentation généralement très complète des différents constructeurs électriciens.

Propriétés principales. — Toutes les applications des contacteurs reposent sur les deux propriétés suivantes de ces appareils :

1° Faible valeur du courant auxiliaire de la bobine et par suite, extrême maniabilité de ce courant.

2° Robustesse extraordinaire des contacts principaux.

La petitesse du courant auxiliaire (de l'ordre de 0,5 amp. sous 110 v), permet de résoudre avec facilité tous les problèmes de commande à distance ; un simple conducteur bipolaire de faible section suffit, alors que dans le cas fréquent du triphasé, il faut un conducteur tétrapolaire de forte section ; de plus, l'interrupteur bipolaire sera remplacé par un petit interrupteur unipolaire sur le circuit auxiliaire.

On pourra également réaliser la commande indépendante du circuit principal de plusieurs endroits différents en commandant de ces différents endroits la mise sous tension de la bobine.

Lorsque le mouvement d'un moteur dépendra de la position d'un organe métallique, de la hauteur d'une nappe d'eau, de la pression d'un liquide ou d'un gaz, etc., il sera commode d'installer sur le circuit auxiliaire des interrupteurs ou des commutateurs de fin de course ou de verrouillage ; ces appareils, de faibles dimensions, peu coûteux, seront très faciles à manœuvrer ; leur manœuvre n'exigera qu'une force négligeable et ils pourront être très précis.

Dans les cas ci-dessus envisagés, l'installation sera généralement rendue moins onéreuse par l'emploi de contacteurs.

Enfin, c'est avec la plus grande facilité que l'on peut installer la commande par boutons poussoir. On peut également obtenir, dans le cas d'un cycle comportant des périodes de marches diverses (périodes déterminées à l'avance), un fonctionnement automatique par l'adjonction de relais ; nous donnons ci-dessous (à 6°) un exemple d'utilisation de ce genre.

La robustesse des contacteurs est généralement méconnue ; grâce à la forme et au mouvement spécial des contacts, l'étincelle de rupture ne se produit pas au même point que le contact normal ; par suite, la surface de contact est toujours en parfait état et le contact excellent.

Pour fixer les idées, nous avons observé un contacteur fourni par la Compagnie Electromécanique durant 16 mois de service ; cet appareil, fonctionnant 6 heures par jour et effectuant 400 ruptures à l'heure, a donc à son actif :

$$400 \times 6 \times 30 \times 16 = 1\,152\,000 \text{ ruptures.}$$

L'appareil n'a subi aucune réparation ; les contacts n'ont jamais été changés et ne présentent aucune usure notable.

La robustesse extraordinaire des contacteurs permet de les employer avec succès pour le remplacement des appareils de mise en marche soumis à un service très dur ; il suffit de remplacer le combinateur (1) principal par un petit combinateur distribuant le courant dans les bobines des différents contacteurs. On évite ainsi les usures des secteurs des combinateurs principaux, les mauvais contacts et les pannes en résultant ; de plus, le petit combinateur auxiliaire étant très facile à manœuvrer, l'ouvrier se fatigue beaucoup moins qu'avec un appareil plus grand et manœuvre plus vite ; il en résulte une augmentation de la puissance de la machine, très intéressante dans certains cas (appareils de levage et de manutention).

Remarque I. — Nous signalons un montage mixte utilisant un combinateur principal et un contacteur en série sur le circuit principal. Le combinateur porte un secteur supplémentaire alimentant la bobine du contacteur et plus court que les secteurs principaux. De cette façon, la bobine du contacteur est mise sous tension, une fois les connexions exécutées par le combinateur ; de même, à l'ouverture, le contacteur coupe le courant avant que le combinateur modifie les connexions.

(1) Nous préférons employer ici le mot *combinateur* plutôt que celui de contrôleur, ce dernier, en bon français, désignant un monsieur à casquette galonnée qui poinçonne des billets. On a voulu en faire aussi, par erreur, la traduction du mot anglais « *controller* » tandis qu'il est bien plus logique d'employer pour désigner cet appareil le mot *combinateur*.

Digitized by Google

Le combinateur effectue les connexions à circuit ouvert et le contacteur ouvre et ferme le circuit; on évite donc ainsi l'usure des secteurs et des doigts du combinateur et, par suite, les pannes en résultant.

Remarque II. — Nous signalons également la mise au point récente de combinateurs à contacteurs mécaniques dans lesquels le cylindre principal porte des cames commandant une rangée de contacteurs. Ces appareils présentent sur les combinateurs ordinaires l'avantage d'une faible usure de contacts, mais ont l'inconvénient d'être plus durs à manœuvrer et par suite moins rapides.

Exemples d'utilisation. — Nous donnons ci-dessous quelques exemples typiques d'utilisation des contacteurs; nous ne nous occuperons ni des équipements de traction,

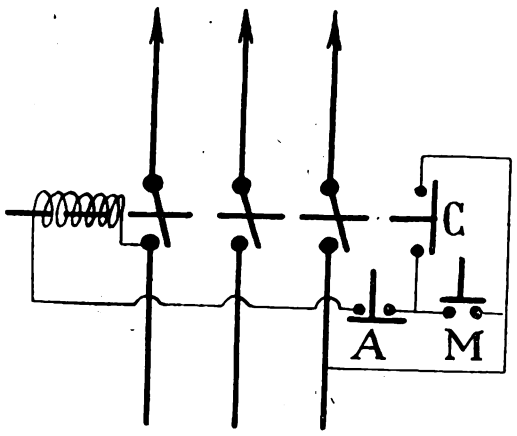


Fig. 1.
Appareil de commande par boutons.

ni des démarrages automatiques par relais d'accélération qui sont très connus actuellement.

1° *Commande par bouton poussoir.* — On monte très souvent les contacteurs avec commande par boutons poussoir suivant schéma de principe n° 1.

Le bouton M de mise en marche est normalement ouvert, le bouton A d'arrêt étant normalement fermé. Si l'on appuie sur le bouton M, le contacteur enclanche et M se trouve court-circuité par le contact d'auto-alimentation C; on peut donc lâcher le bouton M. Pour arrêter, il suffit de presser sur le bouton A.

Le schéma ci-dessus est applicable toutes les fois qu'un groupe moto-pompe électrique doit alimenter un réservoir et y maintenir le niveau de l'eau entre deux repères. On disposera les boutons M et A de sorte que :

M se ferme si le niveau atteint le repère inférieur.

A s'ouvre si le niveau atteint le repère supérieur.

On obtiendra ainsi un fonctionnement automatique et le niveau de l'eau se maintiendra entre les deux repères.

Le même montage peut s'appliquer à un groupe compresseur devant maintenir dans un réservoir une pression comprise entre 2 limites rapprochées.

Il est à remarquer que le contacteur à bobine shunt constitue un disjoncteur à minimum de tension; la remise en marche exige l'intervention du conducteur sauf dans le cas de moto-pompes ou moto-compresseurs automatiques.

Le circuit triphasé est supposé alimenter un moteur asynchrone en court-circuit; dans le cas d'un rotor bobiné, il faut ajouter un démarrage automatique sur le circuit du rotor.

2° *Verrouillage de contacteurs.* — Il arrive souvent que l'on ait à rendre impossible la fermeture simultanée de deux contacteurs (cas de deux contacteurs bipolaires d'inversion sur circuit triphasé). On monte sur chaque contacteur un contact auxiliaire ouvert lorsque le contacteur est fermé et traversé par le courant de la bobine de l'autre contacteur. Nous verrons ci-dessous l'emploi de ces contacts auxiliaires (exemples n^{os} 4, 6 et 7).

3° *Commandes à distance.* — Nous ne donnerons aucun exemple de commande à distance; tous les montages employés pour l'allumage des lampes électriques (commutateurs combinés ou non à des inverseurs bipolaires) peuvent s'employer pour la commande de la bobine et par suite du contacteur.

4° *Equipement d'un monte-charge.* — Les connexions ont été établies suivant le schéma n° 2 ci-joint.

Un moteur asynchrone de 12 ch en court-circuit fait monter ou descendre la cage du monte-charge; on obtient un arrêt rapide et indépendant de la charge variable de la cage par l'action énergique d'un électro-aimant de frein triphasé.

Deux contacteurs bipolaires permettent l'inversion du sens de marche du moteur; pour éviter la fermeture simultanée de ces deux contacteurs, ce qui produirait un court-circuit, on verrouille électriquement ces deux appareils au moyen des contacts auxiliaires V_1 et V_2 : par exemple, si le contacteur de montée est fermé, V_2 est ouvert et la bobine du contacteur de descente ne pouvant être alimentée, ce dernier contacteur ne pourra pas se fermer.

Les contacts auxiliaires d'auto-alimentation A_1 et A_2 permettent la manœuvre par boutons poussoir.

Deux interrupteurs de fin de course commandés par une vis répétitrice du mouvement coupent le courant des bobines lorsque la cage est à une de ses positions extrêmes; ces interrupteurs sont à rappel automatique.

Au niveau du sol se trouve l'interrupteur général avec ses fusibles, permettant l'arrêt de la cage en n'importe quel point de sa course. Un bouton poussoir permet de commander le mouvement de montée, sauf si la cage est en haut de sa course, auquel cas, l'interrupteur de fin de course de montée est ouvert et le bouton poussoir inactif. Il est impossible du niveau du sol de commander le mouvement de descente.

Au niveau de l'étage supérieur se trouve un bouton poussoir commandant le mouvement de descente; comme

Digitized by Google

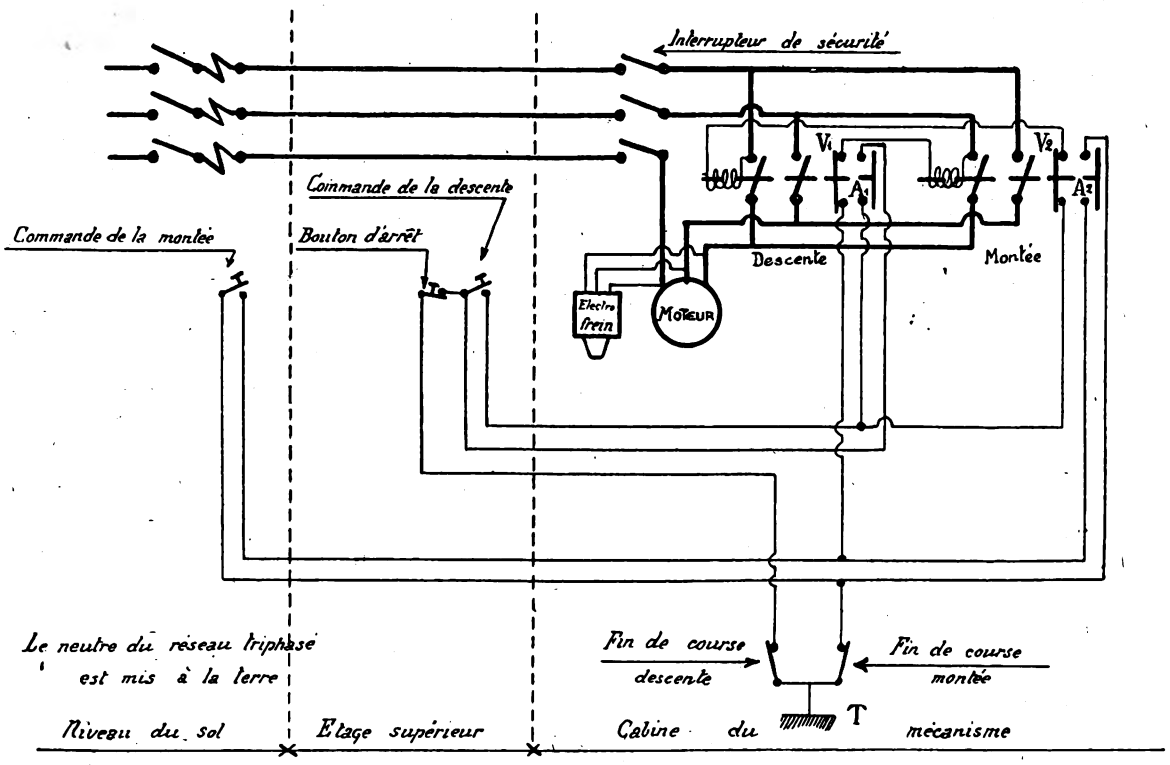


Fig. 2.

Schéma de l'équipement d'un monte-charge.

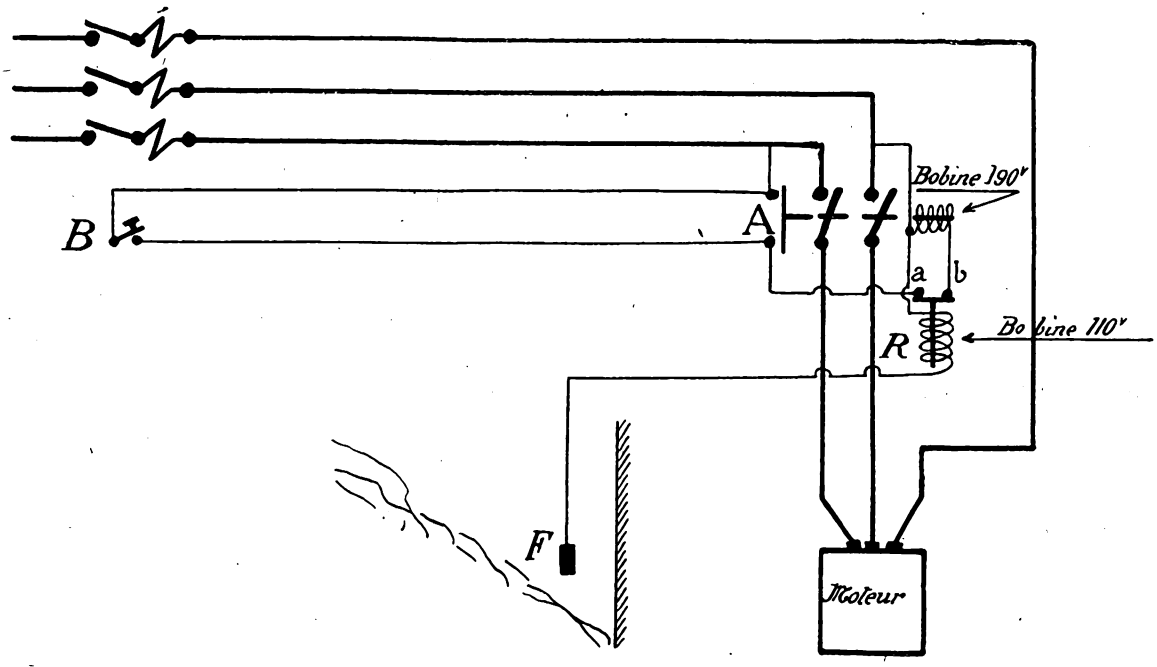


Fig. 3.

Schéma de l'équipement d'un élévateur de charbon.

Digitized by Google

ci-dessus, si la cage est au bas de sa course, le fin de course de descente est ouvert et le bouton poussoir inactif. Il est impossible du niveau supérieur de commander le mouvement de montée. Un bouton d'arrêt permet d'arrêter le mouvement de descente en cas d'accrochage de la cage.

L'impossibilité de commander la montée du niveau supérieur est voulue et a pour but d'éviter certains accidents; en effet, si cette manœuvre était possible, il se pourrait que, la charge étant partiellement engagée dans la cage (cage en bas), l'ouvrier placé à l'étage supérieur commandât le mouvement de montée; la charge serait coincée et l'appareil endommagé; ce que nous avons dit pour la charge est également vrai pour l'ouvrier préposé au chargement et nous aurions, ce qui est infiniment plus grave, à déplorer un accident mortel.

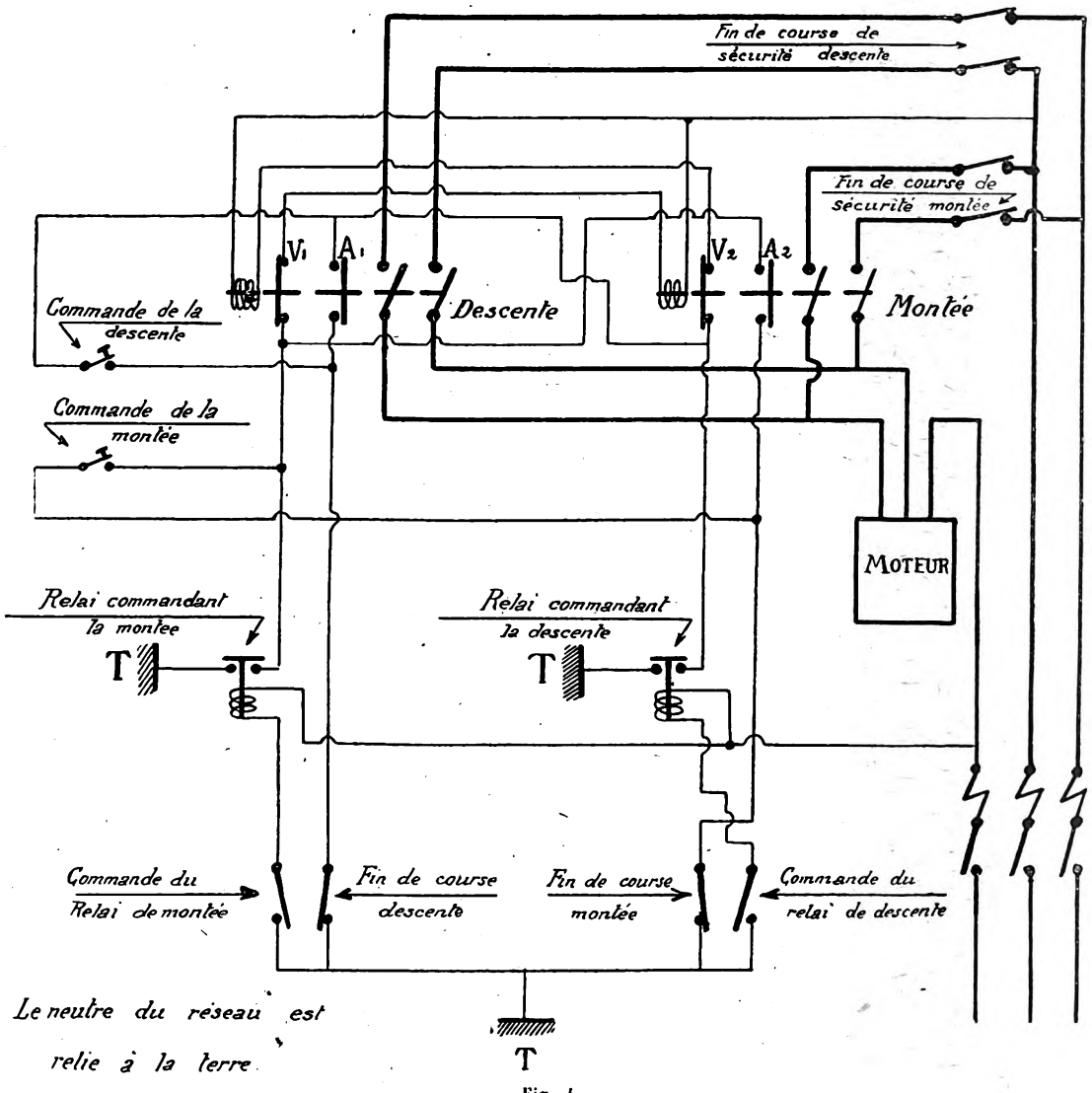


Fig. 4.
Schéma de l'équigement d'un élévateur automatique.

Enfin, l'installation comprend un interrupteur de sécurité coupant le circuit principal, dans le cas où (un fin de course n'ayant pas fonctionné), la cage ou le contrepoids monte trop haut.

La manœuvre extrêmement simple se conçoit d'elle-même : en appuyant sur le bouton du bas, la cage monte et s'arrête automatiquement au niveau supérieur (sauf si elle y est déjà, auquel cas le bouton du bas est inactif).

Remarquons que lorsque la cage est en marche, les deux boutons sont inactifs : l'un est court-circuité par A ou A_2, le circuit de l'autre est coupé par V_1 ou V_2.

5° *Equipement d'un élévateur à charbon.* — Il s'agissait d'arrêter automatiquement l'élévateur dès que le charbon atteignait un niveau déterminé dans la trémie supérieure. Nous avons pour cela mis à profit la conductibilité du charbon et effectué les connexions suivant schéma n° 3 ci-joint.

La mise en marche se fait du bas en fermant l'interrupteur général et en appuyant sur le bouton poussoir B

Digitized by Google

(le contact *ab* est normalement fermé). La trémie se remplissant, le charbon touche la pièce F, ce qui met sous tension la bobine R; cette bobine attirant son armature coupe le contact *ab*, le contacteur déclanche et le moteur s'arrête.

On voit de plus qu'il est impossible de mettre en marche tant que le charbon touche la pièce F.

6° *Equipement d'un élévateur automatique.* — L'appareil comprend deux bennes reliées par un câble passant sur un tambour moteur; lorsque la benne (1) est en bas, elle se remplit automatiquement, tandis que la benne (2) en haut se vide automatiquement; puis la benne (1) pleine monte, tandis que la benne (2) vide descend; lorsque la benne (1) est en haut, le cycle recommence.

Le problème électrique à résoudre était le suivant :

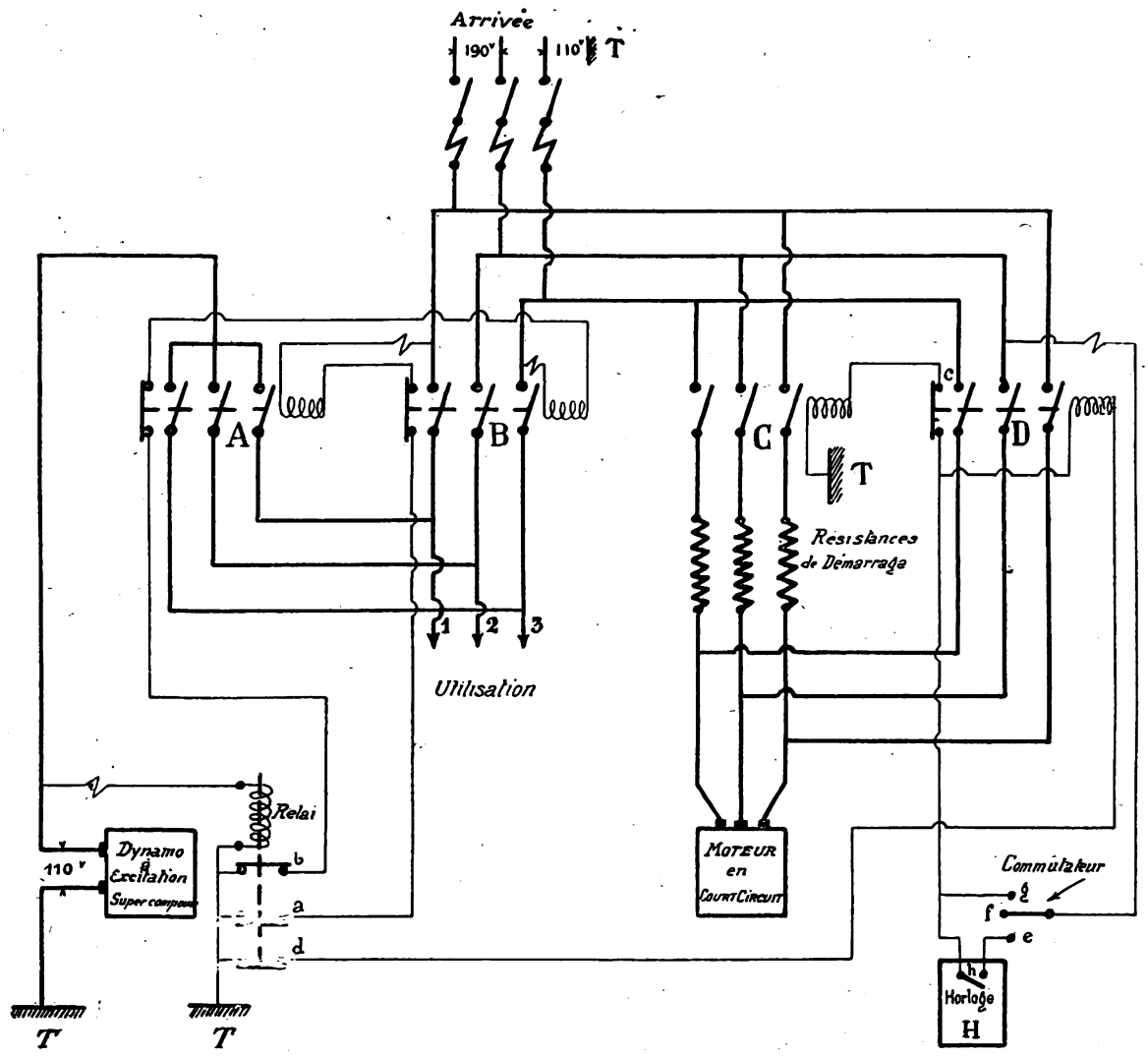


Fig. 5.

Schéma de l'appareil de mise en marche automatique par une horloge d'un groupe convertisseur.

faire tourner un moteur de x tours dans un sens (montée de la benne 1); arrêter le moteur durant 6 secondes (remplissage de la benne 2 et vidage de la benne 1); faire tourner le moteur de x tours en sens inverse (montée de la benne 2); arrêter le moteur durant 6 secondes, etc.; ces mises en marche et arrêts successifs devaient se produire automatiquement.

Le montage a été exécuté suivant schéma ci-joint (fig. 4).

Le circuit principal comprend deux contacteurs pour l'inversion du sens de marche du moteur et deux interrupteurs de fin de course de sécurité à réenclenchement automatique; par suite, le fonctionnement accidentel de ces interrupteurs n'entraîne pas l'arrêt de l'appareil.

Les circuits auxiliaires sont plus complexes.

Nous remarquons d'abord les contacts de verrouillage V_1 et V_2 dont nous connaissons le fonctionnement; nous retrouvons également les contacts d'auto-alimentation A_1 et A_2 et les deux boutons de commande permettant de les court-circuiter.

Digitized by Google

Les relais sont des relais shunt attirant leur armature 6 secondes après leur mise sous tension.

Enfin, à la partie inférieure du schéma se trouve un distributeur de courant; cet appareil comprend d'abord un double interrupteur fin de course identique à celui que nous avons rencontré à (4°), commandé également par une vis répétitrice du mouvement; il comprend en plus deux contacts mettant sous tension la bobine du relai de descente (ou de montée) quand le fin de course de montée (ou de descente) s'ouvre. Ces contacts sont à rappel automatique.

Pour alimenter la bobine du contacteur de montée, il faut que :

1° Le contacteur de descente soit ouvert.

2° Soit que le relai de montée attire son armature, soit que (le fin de course montée étant fermé) le contact d'auto-alimentation ou le bouton de commande de montée soit fermé.

Cette remarque faite, le fonctionnement de l'appareil est le suivant : lorsque la benne arrive à sa position de fin de course montée, le distributeur coupe le courant de la bobine du contacteur de montée (d'où arrêt) et met sous

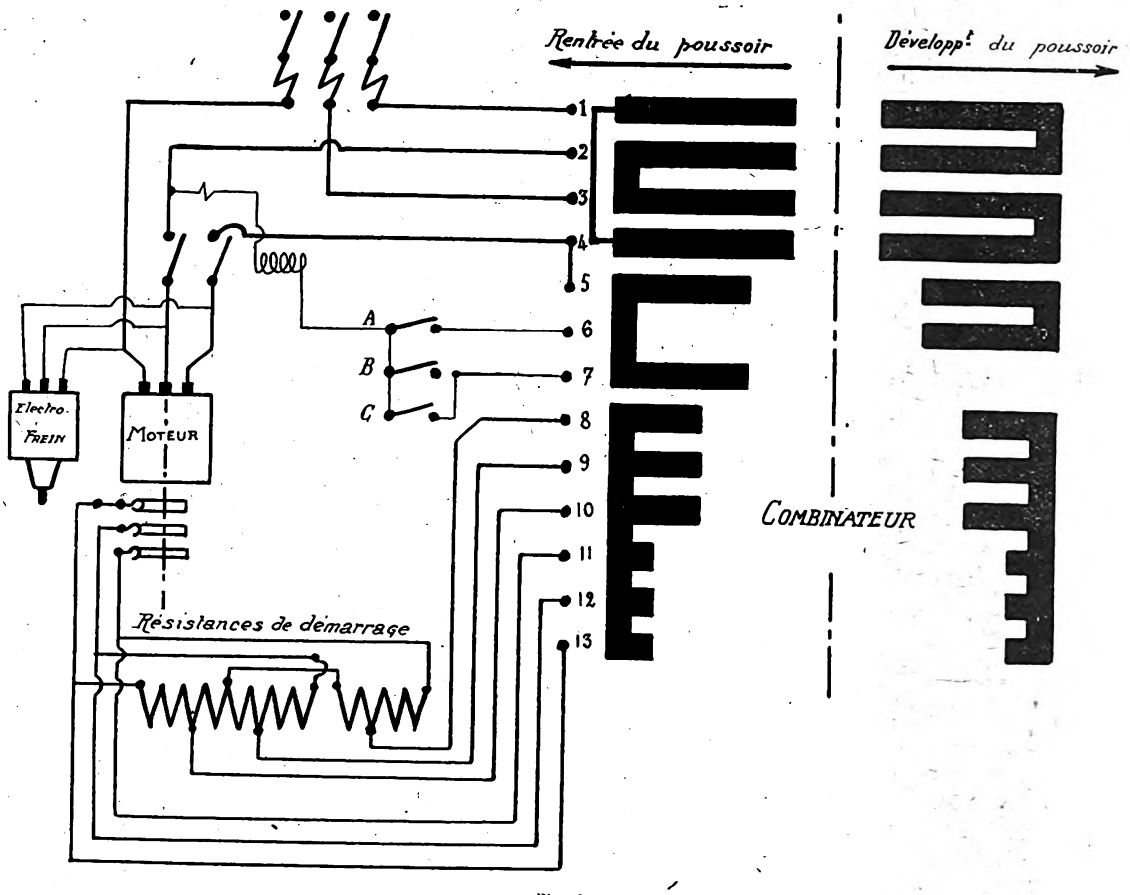


Fig. 6.
Schéma de l'équipement électrique d'une machine à défourner.

tension la bobine du relai de descente; au bout de 6 secondes, ce relai attire son armature et le contacteur de descente se ferme; après quelques tours du moteur sens descente, le distributeur libère le fin de course montée qui se ferme et le contact de commande du relai de descente qui s'ouvre (sous l'influence du rappel automatique). Les mêmes mouvements se reproduisent pour la position fin de course descente et le cycle se reproduit ainsi automatiquement.

Pour mettre en marche, il suffit de fermer l'interrupteur général et de presser l'un des deux boutons de commande.

De même qu'à (4°) les boutons poussoirs sont inactifs pendant la marche de l'appareil ; de plus, à chaque position fin de course, le bouton correspondant au mauvais sens de rotation est inactif,

7° *Mise en service automatique d'un groupe convertisseur.* — Un groupe convertisseur de 15 kw, 110 v doit alimenter un circuit d'éclairage; pour ne pas faire tourner ce groupe inutilement, une horloge l'arrête et le met en marche aux heures voulues. De plus, pendant les heures d'arrêt ou en cas de panne du groupe, le courant du secteur (triphasé 110/190 v, 25 per : sec) est envoyé automatiquement dans le circuit d'éclairage :

Les connexions ont été exécutées suivant schéma n° 5 ci-joint.

Le réseau d'éclairage est alimenté par les fils 1, 2 et 3 et le retour se fait par le fil neutre relié à la terre.

Digitized by Google

Supposons le groupe arrêté; le relai shunt n'attirant pas son armature, la borne *b* est reliée au sol et le contacteur B fermé, d'où mise sous tension du réseau d'éclairage par le courant alternatif, 25 per : sec. Les bornes *a* et *d* étant isolées, les contacteurs A et D sont ouverts. Le groupe étant arrêté, le commutateur est dans la position *f* ou dans la position *e*, le contact *h* de l'horloge étant ouvert (contacteur couvert).

Remarquons en passant le verrouillage électrique des deux contacteurs A et B.

Pour mettre le groupe en route, il faudra mettre le commutateur sur la position *g*, ou le commutateur étant en *e*, attendre que l'horloge H ferme son contact *h*. Le contacteur C se ferme, d'où démarrage du groupe avec insertion de résistances au stator.

La dynamo s'amorce peu à peu et lorsque sa tension est convenable, le relai shunt temporisé attire son armature, d'où fermeture des contacts *d* et *a* et ouverture du contact *b*; la fermeture du contact *d* provoque l'enclanchement du contacteur D (alimentation du moteur sous pleine tension), provoquant à son tour le déclanchement du contacteur C par l'ouverture du contact *c*. La fermeture du contact *a* et l'ouverture du contact *b* provoquent l'ouverture du contacteur B et la fermeture du contacteur A. Le réseau est alors alimenté par le courant continu de la dynamo.

Lorsque le groupe s'arrête, soit par la mise du commutateur sur la position *f*, soit par la coupure automatique du contact *h* de l'horloge (commutateur en *e*), la tension aux bornes de la dynamo baissant, le relai lâche son armature; les contacts *a* et *d* s'ouvrent, le contact *b* se ferme, d'où déclanchement des contacteurs A et D et enclanchement du contacteur B. Le réseau d'éclairage est alors alimenté par le courant alternatif, 25 per : sec.

En résumé, on commande la mise en route et l'arrêt du groupe et toutes les autres manœuvres sont automatiquement réalisées par le jeu du relai actionnant les contacts *a*, *b*, *d*. Si la dynamo ne donne pas une tension suffisante, et ce pour n'importe quelle raison, le réseau d'éclairage reste alimenté par le courant alternatif de secours.

Pour obtenir les arrêts et les mises en route du groupe aux heures voulues, il suffit de laisser le commutateur sur la position *e* et de régler le contact *h* de l'horloge. Le fonctionnement du groupe sera alors absolument automatique.

8° *Equipement d'une machine à défourner.* — Cette machine comprend essentiellement un moteur entraînant un axe; au moyen de leviers, cet axe peut commander :

Soit un mouvement de translation ;
Soit un mouvement de hissage;
Soit un mouvement de défournement.

Les leviers sont verrouillés mécaniquement entre eux pour qu'il soit impossible d'exécuter deux mouvements à la fois.

Enfin, certains verrouillages sont obtenus par l'emploi d'un contacteur monté suivant schéma (fig. 6) ci-joint.

Cet exemple montre l'emploi simultané d'un combinateur et d'un contacteur suivant principe donné ci-dessus (Remarque I). Ce montage supprime *d'une façon absolue* l'usure des doigts de contact nos 1, 2, 3, 4 : en effet, les secteurs alimentant le contacteur (nos 5, 6, 7) étant plus courts que les secteurs d'inversion du sens de marche (nos 1, 2, 3, 4), l'ouverture et la fermeture du circuit se produisent dans le contacteur et non dans le combinateur De plus, le circuit rotorique n'étant jamais coupé et le combinateur ne court-circuitant que des résistances, les doigts de contacts nos 8, 9, 10, 11, 12, 13, ne s'usent pratiquement pas.

En plus de la suppression de l'usure du combinateur, l'emploi d'un contacteur permet l'arrêt automatique du poussoir. A cet effet, le levier d'embrayage de défournement commande l'interrupteur C de telle sorte que :

C soit fermé, lorsque le levier est débrayé,
C soit ouvert, lorsque le levier est embrayé.

Lorsque le levier est embrayé (C ouvert), le développement du poussoir est arrêté automatiquement par le fin de course A, la rentrée par le fin de course B.

Lorsque le poussoir est rentré et le levier de défournement débrayé,

les interrupteurs A et C sont fermés,
l'interrupteur B est ouvert,

Par suite, la bobine pouvant toujours être alimentée, les mouvements de hissage et de translation sont absolument libres.

Conclusions. — Nous pensons par les exemples ci-dessus avoir mis en relief les principaux types de montage employés avec les contacteurs et donné une idée des très nombreuses applications possibles de ces appareils.

La plupart des exemples ci-dessus envisagés se rapportent à la commande d'un moteur avec mises en marche et arrêts fréquents ; dans de nombreux cas, se pose le problème de l'arrêt extrêmement précis et rapide de pièces en mouvement possédant une grande énergie cinétique ; ce problème est généralement résolu par l'emploi d'un électro-aimant de frein et éventuellement d'une vis répétitrice de mouvement pour la commande des interrupteurs fin de course.

Enfin, comme nous l'avons signalé, il peut être avantageux de remplacer un contrôleur soumis à un service très dur par des contacteurs commandés par un combinateur; nous n'avons donné à dessein aucun exemple de ce cas, le montage se concevant très facilement.

G. Poux,
Ingénieur I. E. G., licencié ès sciences.

Digitized by Google

COMMENT PRODUIRE GRATUITEMENT
UN KILOWATT-HEURE DE 5000 CALORIES

(*Suite et fin*[1].)

Ce sont les producteurs eux-mêmes, disposant du matériel économique de production et d'utilisation de la vapeur, qui vont, pour cela, devoir ajouter au rendement thermodynamique des machines, le rendement thermique des cycles et de leurs éléments en jeu : l'eau, l'air et le charbon.

I. — Cycle de l'eau d'alimentation.

L'épuration de l'eau d'alimentation par des procédés chimiques a fait place à la distillation. L'emploi de l'eau distillée, avide de l'oxygène de l'air, a fait naître les désaérateurs chimiques et thermiques; ces appareils entrèrent dans le circuit de l'eau d'alimentation. Mais c'est le cycle fermé qui répond le mieux aux exigences de la loi d'asepsie de l'eau d'alimentation. L'eau d'alimentation chimiquement pure, contrôlée par un détecteur de corrosion, est introduite au condenseur à titre d'eau d'ajoute et ainsi désaérée au titre de 0,01 cm³ d'oxygène par litre, elle entre dans le cycle fermé de l'eau d'alimentation, passant du condenseur à la pompe d'eau condensée et traversant directement, sans bâche intercalaire, la pompe d'alimentation, la tuyauterie, l'alimentateur automatique, arrivant enfin à la chaudière.

L'eau d'ajoute est également distillée et introduite au condenseur pour y être désaérée.

Cette eau d'ajoute doit être réduite au minimum, excluant ainsi toute perte de vapeur par les purgeurs, les soupapes de sûreté; ces fuites de vapeur sont recueillies, condensées et réintroduites dans le cycle fermé de l'eau d'alimentation et de la vapeur condensée.

Cette forme d'alimentation donne le minimum de frais d'entretien et de renouvellement du matériel, mais surtout maintient en état de propreté les tubes, assurant ainsi la vaporisation maximum et régulière.

Les procédés chimiques et physiques d'augmentation de vaporisation n'ont guère été mis en valeur.

Le réchauffage de l'eau d'alimentation constitue le facteur d'économie le plus important.

Le cycle de l'installation à haute pression réalisé à la Centrale de Langerbrugge est un cycle à réchauffage d'eau d'alimentation par soutirage de vapeur. Au lieu de laisser toute la vapeur se détendre dans la turbine jusqu'au condenseur, on utilise la chaleur de la vapeur de soutirage à réchauffer l'eau d'alimentation des chaudières. L'économie résulte du fait que la chaleur de vaporisation de la vapeur dérivée qui a déjà fourni du travail, est cédée à l'eau d'alimentation et reste ainsi acquise au cycle au lieu d'être perdue dans l'eau de circulation des condenseurs. De plus, la chaleur de l'eau de condensation provenant de la vapeur de chauffage, est restituée au cycle, de sorte qu'on récupère les calories qu'elle contient. Ce procédé de régénération a déjà été préconisé par l'Américain Stanwood vers 1890 et fut développé par Belluzo et Ferranti. Les chiffres caractéristiques des réchauffeurs d'eau sont les suivants :

	Pression de la vapeur de chauffage en kg : cm².	Température de l'eau en degrés centigrades.	
		Entrée.	Sortie.
Réchauffeur I. . .	0,6	52	73
— II. . .	5,0	73	139
— III. . .	20,0	139	196

Le rendement du cycle est, tous calculs faits, de 42 pour 100.

Le cycle à réchauffage d'eau d'alimentation par soutirage de vapeur est donc à haut rendement. Sa comparaison avec celui de Rankine donne :

$$\frac{0,42 - 0,39}{0,39} = \frac{0,03}{0,39} = 7,7.$$

Le gain assuré par le réchauffeur sans perte, comportant une infinité d'étages, serait de 10 pour 100 environ.

La quantité disponible d'eau d'alimentation, qui limite l'ordre de grandeur de la centrale, limite également le vide au condenseur.

La température de l'eau de condensation est peut-être le facteur sur lequel on peut encore le plus efficacement agir pour réduire la consommation de vapeur des turbines. Le gain moyen de 1 pour 100 par degré de réfrigération entre 15 et 25 degrés, mérite d'être pris en considération. L'emploi de liquides réfrigérants en cycle fermé, ou le mélange, à l'eau de circulation, de produits réfrigérants aisément récupérables, sera vraisemblablement le prochain perfectionnement en centrales modernes, dans ce domaine.

L'attention vient d'être attirée par le récent mémoire, quelque peu sensationnel, de MM. Claude et Boucherot sur l'utilisation industrielle de la température de l'eau des mers.

Les caractéristiques de leur dispositif se retrouvent dans toute installation de condensation, où règnent, avec le vide, des températures de l'ordre de 5 et 25° C. L'utilisation de la différence de température de l'eau de circulation au condenseur d'une turbine de 6600 kw à 20 kg : cm² conduit à pouvoir disposer d'une puissance de l'ordre de 400 kw. Nous avons posé le problème de la construction d'une turbine utilisant la vapeur produite par l'utilisation de ces faibles différences de température.

Après avoir relevé l'isotherme supérieur par le cycle d'une turbine d'amont à hyperpression et d'une turbine d'aval à pression normale, l'abaissement de l'isotherme

[1] Voy. *L'Industrie électrique* du 10 septembre 1927, page 392.

Digitized by Google

inférieur par cette nouvelle turbine à micro-pression utilisant la faible différence de température au condenseur, permet d'envisager une deuxième augmentation du rendement thermique, conduisant à une nouvelle économie de l'ordre de 6 pour 100.

II. — Cycle de l'air.

Autrefois l'air extérieur, filtré, utilisé pour le refroidissement de l'alternateur, parcourait des canaux réservés dans la carcasse, et sortait chaud dans la salle, à l'extérieur, ou plus rarement, était ramené sous la grille de la chaudière.

Actuellement aspiré, en quantités importantes, par un ventilateur indépendant de l'arbre de l'alternateur, il se refroidit dans des réfrigérants par surface, opérant la réfrigération en cycle fermé et maintenant ainsi l'alternateur dans un parfait état de propreté. Dans ce cas l'eau condensée est suffisamment froide pour être utilisée au refroidissement de cet air, et récupère les pertes thermiques de l'alternateur. Tout récemment, l'hydrogène sous pression, en cycle fermé, fut avantageusement substitué à l'air. L'air sert également pour l'absorption des calories des produits de la combustion dans le réchauffeur d'air. Il est ensuite insufflé sous la grille, activant et améliorant la combustion. Le réchauffe-air se substitue, avec une sérieuse augmentation de rendement de la chaudière, à l'économiseur ou réchauffeur d'eau, dont le rôle sera mieux rempli par les soutirages de vapeur ; il existe également des réchauffages de l'air de combustion par prise de vapeur. Le cycle de l'air est donc un cycle nouveau, qui s'imposera dans les centrales modernes.

L'utilisation des gaz et de la fumée sortant des cheminées des usines a été suggérée, il y a cinquante ans, par Cailletet. Il a trouvé qu'en ralentissant la vitesse de ces gaz, chargés de principes combustibles, on pouvait les brûler facilement et utiliser la chaleur ainsi produite. Nous avons prévu l'utilisation des fumées au chauffage des fours de carbonisation à basse température.

III. — Cycle du charbon.

Le charbon est la matière première de la centrale, qui doit se transformer économiquement en énergie électrique.

Jusqu'à ces derniers temps le charbon, manipulé à la brouette, jeté à la pelle sur le foyer, achevait de se consumer sur les terrils de cendres voisins de la chaufferie. Plus tard, la manipulation mécanique, l'entreposage en silos, la pesée et la grille automatique, et enfin l'enlèvement mécanique des cendres, n'augmentèrent guère le rendement de la transformation de cette matière première traitée en combustible pauvre, et ces moyens mécaniques n'ont guère amélioré les méthodes de sauvages en vigueur jusqu'en ces derniers temps.

Il a fallu que le prix de cette matière première atteignit le coefficient 12 alors que les prix de vente normaux de l'éclairage électrique ne dépassent pas le multiple 3, pour attacher une valeur, non seulement au charbon, mais surtout à ses sous-produits. Le charbon, sous sa forme solide naturelle, brûle en morceaux informes sur la grille fixe, il se morcelle et brûle ses poussiers sur la grille mobile à chaîne ou à barreaux inclinés avec le concours de vent soufflé; par son passage dans des broyeurs indépendants ou en centrale de broyage, il se divise davantage et brûle en pulvérisé, sans le concours de grille, dans des chambres de combustion qui s'élargissent pour tendre vers la combustion d'un charbon fluide, que l'air insufflé brûle presque comme un gaz.

A l'état liquide et tout au moins à titre de secours en centrale terrestre, le charbon colloïdal, dont nous avons pu réaliser industriellement une suspension de 50 pour 100 dans 50 pour 100 de mazout, sert déjà, tout au moins dans des brûleurs à mazout existants, comme réserve pour la grille mécanique.

Si les premières tentatives de gazéification du charbon à la centrale n'ont pas été poursuivies, c'est vraisemblablement que les sous-produits de la distillation n'avaient, à cette époque, ni emploi, ni valeur.

Aussi, le foyer à gaz ne se rencontre plus guère que sous une unité d'une batterie de chaudières dans les centrales de fours à coke et c'est un sous-produit peu considéré, qui brûle à l'air ou échauffe les cheminées.

Mais bientôt la distillation à basse température se justifiera dans toute centrale moderne, car elle n'entraîne qu'une augmentation faible de la consommation totale de charbon pour une même production d'énergie. Une tonne de charbon, distillée entre 400° et 500° C. dans un avant-foyer de chaudière, donne trois sous-produits :

1° 700 kg de semi-coke incandescent, brûlant immédiatement sur la grille normale, cette coalite ayant encore 18 pour 100 de matières volatiles, si on part d'un charbon à gaz.

2° 100 m³ de gaz à 7500 calories dont une moitié assure la température nécessaire à la distillation, l'autre moitié brûlant sous la chaudière.

On peut également utiliser les gaz à d'autres emplois, comme la soudure des métaux, ou encore les mélanger à des gaz de houille ou à du gaz à l'eau pour augmenter leur pouvoir calorifique.

L'essence contenue dans le gaz peut être récupérée sans difficultés par le levage du gaz, soit à la tétraline, soit à l'huile de paraffine extraite du goudron primaire, soit par le procédé de précipitation électrique. Les rendements varient, suivant les charbons, de 5 à 15 litres d'essence par tonne distillée.

3° 100 litres environ de goudrons primaires, composés d'hydrocarbures de la série grasse, dont la récupération est précieuse, et de phénols à chaîne complexe dont l'élimination, assez peu aisée d'ailleurs, est obligatoire. Ils donnent par distillation fractionnée : des huiles légères ; des huiles solaires du fuel oil ; de la paraffine ; du brai.

Ces produits de la distillation peuvent être brûlés dans la chaudière à meilleur prix que du mazout, mais leur vente permet une récupération de l'ordre de 30 à 40 pour 100 du coût de la tonne de charbon traitée.

Digitized by Google

Sauf le fuel oil et le brai, chacun de ces fractionnements peut subir une opération chimique, et l'on obtient finalement par ordre de densité croissante : des essences légères ; des huiles lampantes ; des huiles acides contenant des phénols ; du fuel oil ; des huiles de graissage ; de la paraffine blanche ; du brai.

L'étude semi-industrielle de ces opérations est suffisamment avancée pour permettre d'affirmer que l'on pourra, sans aléa, monter industriellement la distillation des goudrons primaires. Aux prix actuels, en comptant pour zéro les huiles acides contenant les phénols complexes dont l'utilisation reste à trouver, un goudron primaire normal se valoriserait net, frais de traitement et d'amortissement déduits, à plus de 500 fr la tonne.

Enfin, les procédés du cracking du goudron à basse température peuvent aujourd'hui garantir des résultats industriels d'un rendement économique bien supérieur encore à ceux ci-dessus. Une des plus grandes sources de gazoline pour l'automobile, sera à l'avenir le cracking des goudrons dérivés de la carbonisation à basse température du charbon.

Le rendement final du combustible pour moteur obtenu par le cracking des goudrons de carbonisation à basse température serait de l'ordre de 30 pour 100.

Au sujet de ce problème, Tupholme dit en Angleterre : « Il faut reconnaître, dès à présent, que les espoirs d'approvisionnement intérieur du pays en essence d'auto et en huile combustible, reposent sur la carbonisation à basse température du charbon. »

Sans nous préoccuper, au début, outre mesure, de la mise en valeur des gaz et sous-produits de la distillation, nous avons approché le problème d'un point de vue bien particulier, en nous limitant à la seule question d'utilisation meilleure des calories du charbon d'alimentation des chaudières. Après avoir procédé à une série d'essais de laboratoire, nous croyons qu'au lieu d'alimenter les grilles de nos chaudières avec du charbon cru, il y aurait intérêt à les alimenter avec du semi-coke incandescent obtenu par carbonisation préalable de ce charbon.

Si l'on compare le bilan calorifique d'une chaudière alimentée au charbon cru avec une autre équipée d'un four de carbonisation l'alimentant en coke incandescent, on trouve une justification de l'installation d'une cornue de carbonisation. En effet, si l'on soumet à la carbonisation un charbon habituel très gras (34 pour 100 de matières volatiles) renfermant 12 pour 100 d'humidité et 11 pour 100 de cendres et dont le pouvoir calorifique (supérieur) est de 6800 cal : kg, un tel charbon abandonnera en centièmes :

12	d'humidité ;
5	d'eau de constitution ;
6	de goudron primaire ;
5	de gaz ;
28	

laissant par conséquent 72 pour 100 de semi-coke tenant encore environ 18 pour 100 de matières volatiles.

Un tel semi-coke a 14,6 pour 100 de cendres, mais il est absolument sec, son pouvoir calorifique donne 7300 cal : kg.

Au point de vue des calories utiles, il faudrait comparer, dans les deux cas, le pouvoir calorifique inférieur, c'est-à-dire, eau non condensée, mais pour le semi-coke absolument sec, il reste 7300 cal : kg alors que pour le charbon de départ, il est ramené à 6000 calories.

Si donc, au lieu de brûler directement le charbon sur la grille, on le carbonise d'abord dans les conditions indiquées, au lieu de disposer de 6800 calories de charbon cru, on ne disposera plus que de

$$7300 \times 0{,}72 = 5250 \text{ calories.}$$

Mais, à ce moment, interviennent les divers facteurs qui permettent d'obtenir, à calories égales et avec la même grille, un meilleur rendement de la chaudière, lorsque l'on brûle du semi-coke au lieu de charbon cru dont le semi-coke est issu. L'expérience seule permet de connaître exactement le bénéfice obtenu de ce chef ; il est néanmoins intéressant d'énumérer les différents facteurs qui interviennent.

1° Le semi-coke arrive sur la grille vers 450° C. ; par rapport au charbon, on économise donc la chaleur d'échauffement de 20° à 450° C.

2° Le semi-coke arrive sur la grille au voisinage de son point d'inflammation, le régime de combustion sur la grille se trouve donc établi beaucoup plus vite qu'avec du charbon.

3° Dans le cas du charbon, la combustion est précédée d'une distillation ou carbonisation qui demande un certain temps et qui retarde l'établissement du régime de combustion proprement dit.

4° La carbonisation de la houille crue sur la grille même, entraîne des imbrûlés dans les gaz qui s'échappent par la cheminée ; ce danger est moins à craindre avec du semi-coke.

5° Avec du semi-coke, une combustion parfaite peut être obtenue avec un excès d'air moindre qu'avec du charbon brut.

6° La porosité propre du semi-coke, jointe à la présence d'une certaine proportion de matières volatiles gazeuses, en font une matière particulièrement apte à la combustion rapide ; cette aisance a été appelée du terme vague de bonne combustibilité.

7° Avec des fines agglutinantes, l'agglomération des particules de charbon se produit dans de meilleures conditions lorsque l'on traite séparément le charbon, d'abord, dans un four de carbonisation ; on risque donc moins d'avoir des imbrûlés dans les cendres.

L'ensemble de ces facteurs donnera un bénéfice de l'ordre de 11 pour 100 en faveur du semi-coke et, au point

Digitized by Google

de vue calorifique, on obtient les mêmes résultats avec 700 kg de semi-coke qu'avec une tonne de charbon brut dans le cas examiné.

Partant de toutes ces considérations, nous avons, à titre d'essai, équipé une de nos chaudières de deux fours continus de carbonisation à basse température, d'une production d'environ 60 t par jour, réalisant ainsi la première application industrielle de la prédistillation à la production de l'électricité en centrale.

Notre installation est du type « Salerni ».

Le charbon, fines flambantes 0/10, est déversé de la trémie dans un séchoir à plateaux, grâce à un dispositif faisant partie de la trémie : il y chemine en couches minces (2 à 5 mm) soumises à un brassage plus ou moins intense et en sens inverse des gaz brûlés sortant des carneaux de chauffage du four de carbonisation et arrive à l'état sec dans la cornue proprement dite, après avoir traversé un dispositif d'étanchéité.

L'étanchéité entre le séchoir et la cornue permet d'éliminer séparément la vapeur d'eau et les gaz peu combustibles formés au début du traitement et d'empêcher leur mélange avec les vapeurs huileuses et le gaz combustible riche.

Dans la cornue proprement dite, un dispositif mécanique multiple assure un brassage très actif de la matière en traitement, son passage d'un élément en forme d'auget au suivant, enfin le raclage des parois métalliques chauffées.

Le résidu solide, ou semi-coke débarrassé de ses huiles, sort de l'enceinte de carbonisation par un joint d'étanchéité analogue au précédent et tombe incandescent sur la grille mécanique de la chaudière.

Voici quelques chiffres sur les caractéristiques du charbon et du goudron primaire habituel.

Houille employée :

Qualité : Duff-Cramlington.
Calibrage : 0,10 mm.

Composition en centièmes :

Matières volatiles	34 (double creuset)
Humidité	12
Cendres	11
Carbone fixe	43
Pouvoir calorifique	6,800 cal : kg (supérieur).
Pouvoir agglutinant	9 (Meurice).
Température de carbonisation	400-500° C (moyenne 435° C).

Par carbonisation à basse température, ce charbon abandonne :

Humidité	12
Eau de constitution	5
Goudron primaire	6
Gaz	5
Semi-coke	72
	100

Composition du semi-coke :

Matières volatiles	16
Carbone fixe	69,4
Cendres	14,6
Pouvoir calorifique	7,300 cal : kg.

Composition des gaz :

Acide carbonique	3,2
Carbures non saturés	2,6
Oxygène	0,3
Oxyde de carbone	2,6
Hydrogène	20,0
Méthane	62,0
Ethane	5,8
Azote	1,1
Pouvoir calorifique supérieur	8100 cal.
— inférieur	7850 cal.
Poids du m³	0,715 kg.

Fractionnement du goudron primaire :

	POIDS spécifique.	PROPORTIONS en volume en centièmes du goudron décanté.
Huile légère 0°-170°	0,830	10
Eau non décantée	»	1
Huile moyenne 170°-230°	0,950	21
Huile lourde 230°-270°	0,955	18
Huile d'anthracène 270°-350°	1,05	51
Brai mou	»	19
		100

La proportion des phénols est de 13 pour 100 dans les huiles légères, 15 pour 100 dans les huiles moyennes et 24 pour 100 dans les huiles lourdes Le brai nous a donné à l'analyse :

Point de fusion	55° C
Matières volatiles	89,2
Cendres	0,06

2e fractionnement du goudron à basse température :

	CENTIÈMES du goudron total.
De 55° à 120° C densité 0,774	2,5
Pouvoir calorifique 9800 calories.	
De 120° à 170° C densité 0,842	6,5
Pouvoir calorifique 9400 calories.	
De 170° à 190° C densité 0,873	3,5
Pouvoir calorifique 9450 calories.	
De 190° à 210° C densité 0,900	2,0
Pouvoir calorifique 9000 calories.	
De 210° à 230° C densité 0,920	3,5
Pouvoir calorifique 8750 calories.	
De 230 à 250° C densité 0,934	15,0
Pouvoir calorifique 9000 calories.	
De 250° à 290° C densité 0,948	9,0
Pouvoir calorifique 9100 calories.	
De 290° et au delà densité 0,995	60,0
Pouvoir calorifique 8100 calories.	

L'installation d'une usine de récupération et de traitement de 5 t : jour, a été étudiée de la façon suivante :

a) Lavage des gaz s'ils proviennent de la distillation des goudrons primaires.

b) Désessenciement de l'huile de lavage.

c) Distillation et rectification par voie chimique (acide et soude) des huiles légères, en vue de l'obtention de produits de qualité égale à celle des benzols et des essences de pétrole, pouvant être mélangées à des essences pour moteur d'automobiles.

Digitized by Google

Atelier de fabrication d'essence épurée et rectifiée.

Données de bases :

Essences brutes rectifiées provenant des goudrons primaires

456 litres par jour.

Essences légères brutes provenant des gaz

570 litres par jour.

Total des essences à épurer et à rectifier

1,052 litre par jour.

Quantité d'essences épurées et rectifiées obtenues

770 litres par jour, soit 281 m³ par an.

Total des dépenses 350 000 fr.

Recettes annuelles :

281 m³ d'essence à 220 fr = 620 000.

Bénéfices nets annuels :

620 000 — 350 000 = 270 000.

Une installation de cracking procédé « Dubbs » a été également étudiée, une installation de laboratoire est en montage. Le procédé est très simple, l'huile à cracker entre dans une tubulure de chauffe située dans un four et passe dans une chambre de réaction où tout le coke produit se dépose. Cette chambre, construite par soudure autogène et forgée, est entièrement sans rivets. Le résidu produit est enlevé d'une façon continue de la chambre de réaction, les vapeurs passent dans un déphlegmateur où les fractions lourdes sont condensées et d'où elles retournent dans la tubulure ou zone de chauffe, tandis que les fractions légères quittent le déphlegmateur par le haut. Elles passent ensuite dans le condenseur et le liquide condensé est amené dans un récipient de réception, d'où il est soutiré d'une manière continue dans les réservoirs.

Trois produits différents de la carbonisation à basse température ont été soumis au cracking, suivant le procédé « Dubbs ». Un goudron déshydraté, une huile neutre, et le produit direct d'une distillation. Le résultat obtenu par le cracking de ces goudrons à basse température est très encourageant au point de vue de la production d'un combustible pour auto. De plus, il est reconnu que la proportion de 18 pour 100 de combustible pour auto obtenu du goudron à basse température ou de ses distillats, soumis à l'action de la chaleur et à la distillation sous pression, peut être encore augmentée.

Et voilà certes un sous-produit qui vaut mieux que les cendres dont la centrale se débarrasse difficilement, quand elle n'en fabrique pas des briques. Des essais sur grilles mécaniques et surtout en pulvérisé, ont été faits pour obtenir, par l'adjonction des ingrédients nécessaires (argile, chaux et autres), une cendre qui, broyée, donne un ciment ou un laitier ou encore, mélangée en proportion convenable de castine et traitée au cubilot à haute température, donne un verre basique et en fonte, environ 2 pour 100 du poids des machefers traités.

Et j'en conclus la loi du cycle économique du charbon en centrale moderne :

Le charbon sera manipulé comme un fluide, aspiré au bateau ou au parc à charbon, distillé à basse température, brûlé, partie sous forme de semi-coke incandescent ou mieux peut-être de coke pulvérisé, partie en gaz, après avoir abandonné deux sous-produits de valeur : des goudrons transformés en essence et huiles, des cendres transformées en ciment, en verre et en fonte.

IV. — Industries nouvelles alimentées par une centrale thermique.

Sans envisager l'utilisation des vapeurs d'échappement au chauffage central des villes (réalisation pleine de succès, paraît-il) ou encore l'emploi d'accumulateurs de vapeur, je veux parler de l'action créatrice d'industries nouvelles de la centrale thermique.

L'emploi de la vapeur à haute pression est particulièrement économique pour des turbines à charge constante qui doivent fournir la puissance de base de la centrale, les pointes étant couvertes par les turbines basse-pression.

A Langerbrugge, cette adaptation nouvelle permet la marche comme usine « volant » d'un four à carbure de calcium de 5750 kw, en service depuis le mois de juillet, et la mise en marche prochaine d'une usine d'électrolyse des chlorures alcalins et d'un four électrique de fusion des machefers pour la production de verres basiques suivant le procédé « Bigot ».

L'amélioration du coefficient de diversité grâce à ces usines « volants » de la centrale, conduit à une appréciable économie du fait de la marche régulière à l'allure la plus économique des unités en service.

La centrale, créée autrefois pour répondre aux besoins de luminaire des centres agglomérés, a bientôt assuré la production de la force motrice privée dans les régions industrielles, demain elle créera des industries nouvelles.

Avant de conclure, afin d'éviter la polémique que la presse quotidienne ou celle des syndicats de consommateurs pourrait susciter au seul titre de cet exposé, permettez-moi de faire une déclaration en faveur de l'augmentation des tarifs de l'éclairage électrique.

Avant la guerre l'énergie représentée par 1 kw-h était obtenue avec 1 kg de charbon et coûtait, rendue au compteur de l'abonné, la contrevaleur de 15 à 20 kg de charbon, pour tenir compte des frais d'exploitation, d'entretien et d'amortissement des capitaux engagés dans la production, le transport et la distribution de l'énergie électrique.

Cette énergie de 1 kw-h se vendait la contrevaleur de 20 à 25 kg de charbon à 20 fr or, soit environ 0,40 à 0,50 fr le kw-h.

Si la production actuelle peut permettre d'envisager

Digitized by Google

de réduire la consommation de charbon par kw-h à 500 gr, c'est le résultat d'une contrainte légale injuste au même titre que la loi sur les loyers ; c'est une des causes du désordre social actuel, né des injustices économiques d'après-guerre.

Un ajustement des prix de vente de l'énergie électrique doit répondre à l'effort considérable que les producteurs ont réalisé, dans l'abaissement du prix de revient de production.

Cette économie dans la génération de l'énergie électrique obtenue, non pas en application des lois négatives de réduction en milieux incompressibles, mais grâce à des formules d'augmentation de rendement de tous les cycles en jeu ; bref, grâce aux tendances modernes en centrales électriques, ce premier retour aux prix d'avant-guerre obtenu pour le prix de revient du rapport kw-h charbon avec une même matière grevée du taux de l'index nombre, est un symbole de la solution possible du problème industriel, économique et social du temps présent.

BILAN OR DE LA PRODUCTION D'UN KW-H DE 3000 CALORIES PAR CARBONISATION A BASSE TEMPÉRATURE.

	CENTIMES-OR
500 grammes de charbon (100 fr français la tonne.	1,00
550 — de semi-coke	»
50 litres de gaz donnant par désessenciement :	
4 centilitres d'essence	0,20
400 calories	0.10 à 0,50
40 cm³ do goudron :	
8 centilitres d'essence	0,40
70 pour 100 d'huile, soit :	
28 cm³ à 70 fr les 100 kg	0,40
6 cm³ de brai	0,05
50 grammes de cendres transformées en :	
Verre basique	0,10
1 gramme de fonte	0,10
	1,55 à 1,85

Tel un artiste de son argile, de ses couleurs, l'ingénieur de la matière informe — 500 gr de charbon humide et cendreux distillé, transformé en semi-coke — anime et crée un kw-h de 3000 calories.

Un kw-h? Œuvre d'art qui à son tour crée, éclaire, anime et transforme.

Comme à l'artiste qui a vendu son œuvre d'art, il reste l'esquisse et le souvenir du modèle, l'ingénieur a extrait l'esprit de la matière, il le transforme en de nouveaux animateurs de mouvement, de lumière et de vie.

Ultime plénitude de son art, plus satisfait que l'artiste, l'ingénieur transforme encore les dernières traces de la matière première et de la cendre, il fait un point brillant de fonte, un pavé, un couvre-câble, un isolateur, et qui sait peut-être, un vase, des émaux d'art.

Produire gratuitement un kw-h de 3000 calories, c'est avec l'art de l'ingénieur, créer, en artiste, cette œuvre d'art

HERRY.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 13 juin 1927 (suite).

Sur les oscillations de Barkhausen obtenues avec des lampes françaises, par M. E. PIERRET.

En vue d'étudier la propagation des ondes très courtes, j'ai été amené à employer les oscillateurs de Barkhausen (1). Les premiers essais ont été faits avec un montage à une lampe, légèrement différent de celui de Gill et Morrell (2), pour lesquels le produit de la tension de grille V_g par le carré de la longueur d'onde λ_0 reste constant.

Pour avoir plus de puissance, j'ai étudié un dispositif à deux lampes, du genre de ceux décrits par Scheibe (3) et Mlle Grechowa (4), où le circuit de grille et le circuit de plaque sont constitués chacun par deux fils de Lecher et un pont mobile permettant l'accord. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec les lampes Fotos et surtout avec les lampes à cornes Mesny (T. M. C.), dont le filament, plus gros, permet une émission électronique plus intense.

L'intensité i_p du courant de plaque, lorsqu'on allonge le circuit de plaque l_p, en conservant au circuit de grille la plus petite longueur pour laquelle il est accordé, passe par des maxima qui semblent correspondre à des résonances, mais les courbes obtenues en portant en abscisses i_p, en ordonnées l_p, n'ont pas la forme des courbes de résonance ; lorsque l^p décroît, la courbe croît d'abord régulièrement (phase stable), passe par un maximum, puis décroît brutalement (phase instable). La longueur d'onde décroît tout le long de la courbe, puis change brusquement lors du passage par les minima d'intensité du courant.

l_p (cm)	50,5	45,5	41,5	39,2	37,5	36,5	35,5	33,5	32,5	31,5
i_p (mA)	2	6	11	15	18	20	22 max.	20	11	5,5
$\frac{\lambda}{2}$ (cm)	»	23,2	22,9	22,7	22,4	22.2	22	21,5	»	21,1
l_p (cm)	30,5	27,5	25,5	18,5	14,5	13,5	12	11.5	11	
i_p (mA)	5	5.5	4,9	12,5	21,5	22,5 max.	20	6,4	0,7	
$\frac{\lambda}{2}$ (cm)	21,5	24,3	23,6	»	»	22	»	21.5	»	

Le maximum d'intensité du courant oscillant coïncide généralement avec le maximum du courant de plaque ; c'est la longueur d'onde correspondant à ce maximum que nous avons considérée comme la longueur d'onde *favorisée* λ_0.

Les courbes sont d'autant plus pointues que la tension de grille est plus élevée. Les distances des maxima de ces courbes coïncident avec la demi-longueur d'onde mesurée à ces maxima. La loi $\lambda_0^2 \times V_g$ ne se vérifie plus :

$V_g = 38^v$, $\lambda_0^2 V_g = 3{,}2 \times 10^5$; $V_g = 300^v$, $\lambda_0^2 V_g = 5{,}5 \times 10^5$.

La courbe des maxima de i_p en fonction de V_g présente un maximum marqué vers 240^v (courant de chauffage $I_c = 4^A{,}6$).

Lorsque la tension de grille croît, la tension de plaque restant constante, les oscillations ne s'amorcent que pour des émissions électroniques plus intenses. Pour une tension de grille déterminée, il existe une tension de plaque telle que l'intensité du courant oscillant est maximum. Avec les lampes

(1) BARKHAUSEN et KURZ, *Phys. Zeits.*, 21, 1920, p. 1.

(2) GILL et MORRELL, *Phil. Mag.*, 44, 1922, p. 161, et 49, 1925, p. 369.

(3) SCHEIBE, *Annal. der Phys.*, 73, 1924, p. 54, et *Jahrbuch der drahtlos. Teleg.*, 27, janvier 1926, p. 1.

(4) M. T. GRECHOWA, *Zeits. f. Phys.*, 35. 1925, p. 50, et 38, 1926, p. 621.

Digitized by Google

T.M.C., on augmente l'intensité du courant oscillant en abaissant la tension de plaque en même temps qu'on élève la tension de grille. La longueur d'onde favorisée varie très peu quand on augmente le courant de chauffage. Il a été possible d'obtenir des oscillations assez intenses, de 30 cm à 150 cm de longueur d'onde, sans employer des tensions de grille trop élevées ni un chauffage exagéré, nuisibles à la durée des lampes. Ces oscillations ont donné, dans une ligne faiblement couplée à l'oscillateur, des courants de résonance produisant le même échauffement de la soudure thermo-électrique qu'un courant continu de 0,1 ampère.

Au cours des expériences, certaines anomalies ont été observées :

1° Des lampes de mêmes dimensions et même fabrication, placées dans des conditions identiques, n'oscillent pas avec la même facilité.

2° Lorsqu'on couple deux lampes en parallèle, il peut arriver que l'une d'elles, se trouvant dans de meilleures conditions, commande l'oscillation; la deuxième lampe subit une oscillation forcée; on peut diminuer son chauffage, l'éteindre ou même la remplacer par un condensateur de faible capacité sans que la longueur d'onde varie sensiblement; la puissance obtenue avec deux lampes est cependant beaucoup plus grande que le double de la puissance fournie par une seule lampe.

3° Si deux lampes sont telles qu'isolément, elles donnent des courants oscillants de même puissance, mais de fréquences légèrement différentes, ces deux lampes couplées peuvent osciller sur une fréquence plus élevée que la plus grande de leurs fréquences propres.

4° Avec une des lampes utilisées, nous avons trouvé des ondes de 18 cm, ne correspondant pas à un harmonique de l'onde normale; en déplaçant le pont du circuit de plaque de l'appareil, on observait deux maxima du courant de plaque; pour l'un, la demi-longueur d'onde était de 21,1 cm (onde normale); pour l'autre, elle était de 9 cm (onde anormale); par conséquent suivant les conditions imposées par le circuit extérieur, l'une ou l'autre des lampes déterminait la fréquence de l'oscillation.

5° D'autres lampes n'oscillaient qu'après un certain temps de chauffage; le refroidissement faisait disparaître les oscillations. Ce phénomène peut être expliqué par l'influence d'ions positifs provenant de traces de gaz dégagés par la grille portée au rouge.

Sur les propriétés magnétiques du chlorure et du sulfate de vanadyle et sur le moment atomique du vanadium tétravalent, par M. Nicolas Perrakis. (Voy. les *Comptes rendus*.)

Sur la réaction électrique des cellules végétales et ses relations avec l'excitabilité, par M. et Mme Lapicque (1).

A. Waller, après avoir observé une réponse électrique dans la rétine soumise à une excitation lumineuse, phénomène qui correspond évidemment à la *variation négative* ou *courant d'action* de Du Bois Reymond pour le nerf ou le muscle, c'est-à-dire suivant la généralisation depuis longtemps classique, à la négativité de tout point actif par rapport à un point en repos, observa une réponse semblable sous l'effet d'une excitation électrique.

Ceci était conforme à ce que l'on pouvait attendre. Mais répétant l'expérience sur des parties de l'œil qui ne paraissent pas fonctionner d'une façon active, notamment le cristallin, il obtint encore un effet analogue. Il est bien entendu qu'il ne s'git pas d'une décharge de polarisation consécutive au passage du courant excitant; la discrimination est simple, car si l'on inverse ce courant, la réponse électrique ne change pas de sens.

Waller interrogea alors de la même manière toute espèce de tissu animal ou végétal. Dans une étude qui dura plusieurs années, il retrouva ce phénomène, qu'il appelait le *blaze-current*, partout, dit-il, où il y a vie; il en fit donc, à juste titre, un signe de vie, mais il l'interprétait comme une manifestation de l'irritabilité cellulaire; la matière vivante irritée, pensait-il, jette comme une flamme soudaine; c'est cela que signifie le mot *blaze* qu'il n'a pas traduit en français dans ses publications françaises (il parlait et écrivait couramment notre langue), mais pour lequel il avait proposé l'expression « coup de feu »; cette traduction ayant paru équivoque à divers physiologistes français auxquels il l'avait soumise, il y a renoncé (1), mais elle nous rend compte de son sentiment sur cette question.

Acceptant cette manière de voir, le *blaze-current* nous avait paru précieux pour étudier l'excitabilité chez les Végétaux; chez les Animaux, on se sert en général d'un mouvement comme signe de l'efficacité de l'excitation; un tel signe s'obtient rarement chez les Végétaux (2); la réponse électrique, qui peut être prise également comme signe sur les tissus excitables des animaux, semblait donc indiquée pour généraliser les lois de l'excitation.

Mais quand nous avons repris expérimentalement la question, notamment sur des feuilles vertes et des pétales, nous nous sommes aperçus que l'identification du *blaze-current* à un phénomène d'irritabilité, spécialement au courant d'action, n'est pas immédiatement justifiée; si l'on voulait rester dans les vieilles notions classiques, ce serait plutôt le *courant de repos* de Du Bois Reymond, le *courant de lésion* de Hermann, qui se présenterait comme homologue.

Le dispositif de Waller était le suivant : deux électrodes impolarisables mises en contact avec deux points de l'objet par l'intermédiaire d'un petit amas de kaolin imbibé d'eau physiologique servent à faire passer le courant de rupture d'une bobine d'induction; aussitôt après, ces mêmes électrodes sont mises en circuit avec un galvanomètre ou un électromètre.

Opérant exactement de cette manière, nous avons vu le phénomène indiqué se manifester, mais très capricieusement. Waller, d'ailleurs, a signalé qu'il y a des plantes plus favorables que d'autres. Nous n'avons pas tardé à reconnaître que la condition nécessaire est une asymétrie, soit dans la structure de l'organe interrogé, soit dans le dispositif expérimental, par exemple, entre deux points semblables de la face supérieure d'une feuille, celui qui portera un amas de kaolin plus petit que l'autre, c'est-à-dire une surface traversée par un courant plus dense, deviendra négatif pour une intensité convenable du choc électrique.

Mais par la répétition de ce choc, ou par un choc unique suffisamment intense, la différence de potentiel disparaît. D'autre part le phénomène électrique, poussé à son maximum, est exactement le même, comme valeur et comme décours dans le temps, que par l'effet d'une lésion mécanique, par exemple un coup de bistouri à travers le kaolin, sous l'une des électrodes. Enfin, l'expérience étant faite sur une feuille d'*Aucuba*, on voit apparaître au point que touchait l'électrode devenue négative une tache noire, caractéristique de l'épanchement du contenu cellulaire.

Le sens unique du *blaze-current*, s'il permet de distinguer celui-ci d'une décharge de polarisation, est donc purement contingent et sans signification physiologique. Le choc d'induction agit comme n'importe quelle cause de lésion; suffi-

(1) Séance du 30 mai 1927.

(1) *Comptes rendus*, 131, 1900, p. 485 et 1175.

(2) Nous avons étudié un de ces cas chez les Chromatophores de Spirogyres (*C.R. de la Soc. de Biol.*, 87, 15 juillet 1922, p. 510).

Digitized by Google

samment fort, il tue la cellule, détruisant la semi-perméabilité liée à la vie.

Le processus peut être suivi à l'ultra-microscope sur d'autres cellules, notamment sur les Spirogyres et sur l'épiderme d'Oignon. Le protoplasme est coagulé par des chocs d'induction comme par la section ou l'écrasement de la cellule; d'invisible qu'il était il se révèle d'une blancheur de neige. Ainsi le *blaze-current* n'est un signe de vie qu'en ce qu'il marque le passage à la mort.

Mais des irritations moins violentes produisent dans le protoplasme une opalescence passagère, un nuage qui se dissipe; cette dernière apparence correspond sans aucun doute aux réponses électriques sous-maximales, compatibles avec la répétition de l'expérience au même point après un temps de repos. Nous avons affaire alors à une perméabilité relative et transitoire.

Or une série de recherches récentes montrent dans le muscle excité une perméabilité plus grande qu'à l'état de repos. L'altération protoplasmique qui se présente ici comme une étape vers la cadavérisation et n'aboutit à aucune fonction est peut-être l'origine de l'excitabilité des organes différenciés comme le muscle chez les Animaux, comme le coussinet moteur chez la Sensitive. On réunirait ainsi, comme on y a souvent pensé, la négativité d'action à la négativité de lésion. L'étude de cette question vaut la peine d'être reprise.

REVUE DE LA PRESSE

MESURES

Méthodes modernes de mesure des capacités. (*Bulletin de l'Union des physiciens*, juin-juillet 1927.) — La radiotélégraphie emploie très couramment des condensateurs de capacité assez faible, ne dépassant pas quelques millièmes de microfarads. Les recherches sur les lampes nécessitent la mesure de la capacité filament-grille, qui est de l'ordre de quelque millionième de microfarad.

M. Bedeau a exposé récemment l'ensemble des méthodes utilisées pour mesurer les capacités. Nous donnons ici l'essentiel de son étude..

Les méthodes de mesure se divisent en deux groupes principaux :

1° Les méthodes de mesure en haute fréquence (300 000 per : sec) :

2° Les méthodes de mesure en basse fréquence (100 per : sec).

Méthode de Dowling. — Dowling utilise une triode et un circuit à courant alternatif dans lequel sont montées en série une capacité et une grande résistance; la différence de potentiel aux bornes de cette grande résistance est appliquée entre le filament et la grille de la triode. Le courant filament-plaque I est une fonction de C que l'on détermine expérimentalement en utilisant des capacités connues. La courbe donnant I en fonction de C étant construite, il suffit de remplacer la capacité utilisée par une capacité inconnue pour déterminer la valeur de cette dernière. Dans une deuxième méthode, Dowling utilise un circuit oscillant à ondes entretenues; il remarque que si on maintient la self constante, le courant filament plaque est encore une fonction de la capacité; il détermine celle-ci comme précédemment. Il a pu mesurer ainsi un déplacement d'une armature de condensateur par rapport à l'autre armature de 2,5 microns.

1. Mesures en haute fréquence. — Depuis la découverte de la lampe à trois électrodes, on a imaginé un nombre considérable de méthodes.

Méthode d'Abraham et de E. Bloch. — Si l'on dispose d'un appareil extrêmement sensible pour déceler les différences de potentiel (voltmètre amplificateur) et d'un autre appareil permettant de mesurer les pulsations (multivibrateur) il suffira d'envoyer du courant alternatif sinusoïdal dans une ligne comprenant, en série, une résistance R et une capacité C. Lorsque les différences de potentiel sont les mêmes aux bornes de R et de C, on a $C = \frac{1}{R\omega}$.

Méthode de l'ondemètre. — Cette méthode est d'un emploi courant dans les laboratoires de radiotélégraphie.

Un circuit à ondes entretenues agit par induction sur un circuit oscillant comprenant une self-induction L et deux condensateurs C et C' montés en série ou en parallèle; un troisième circuit (circuit récepteur) est couplé avec le circuit oscillant. On amène le circuit oscillant à la résonance; toute variation de la capacité C (supposée étalonnée) entraine une variation de C' égale à celle de C.

Méthode de quasi résonance. — La méthode de l'ondemètre ou de la résonance a été très heureusement modifiée récemment par MM. Delcelier, Guinchaut et Hirsch.

Le courant induit dans le circuit oscillant est donné par la formule :

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}}$$

et, lorsqu'on utilise la méthode de l'ondemètre, on se place dans des conditions telles que $L\omega - \frac{1}{C\omega} = 0$. Pour évaluer de petites varations de C (ou de L) cette méthode a le grave inconvénient de toutes les méthodes de maxima : la valeur de la variable qui rend la fonction maxima est mal déterminée expérimentalement. Si l'on veut qu'une variation très petite de C produise la plus grande variation possible de I, il faut se placer dans la région où $\frac{dI}{dC}$ est maximum, c'est-à-dire au voisinage du point d'inflexion de la courbe de résonance. Si donc on construit avec soin la courbe donnant I en fonction de C, on pourra déduire les variations de C de celle de I en ayant soin de prendre comme valeur initiale de C celle qui correspond au point d'inflexion de la courbe $I = f(C)$. Pour un circuit étudié par MM. Delcelier, Guinchaut et Hirsch, on avait $\omega = 2.10^7$ ($\lambda = 94{,}2$ m) $R = 0{,}5$ ohm, $L = 25$ microhenrys, $E = 100$ millivolts; le maximum I du courant correspondrait à une valeur de C égale à 100 micromicrofarads et $I_m = 200$ milliampères; une variation de capacité de 1/10 000 produisait une variation de 1,5/100 quand l'intensité était maxima et de 10/100 lorsqu'on était au voisinage du point d'inflexion.

Les auteurs qui ont appliqué la méthode à la mesure des constantes diélectriques des gaz lui ont donné le nom de méthode de quasi-résonance.

Méthode des battements. — Deux circuits à ondes entretenues A et B ne réagissant pas l'un sur l'autre sont faiblement couplés avec un circuit récepteur comprenant un téléphone.

Ce dernier circuit est le siège de deux forces électromotrices induites dont les fréquences sont précisément celles des courants qui parcourent les circuits A et B. Après détection, on entendra au téléphone un son de fréquence $N = N_1 - N_2$, en désignant par N_1 et N_2 les fréquences des courants en A et B.

Supposons que le circuit oscillant A comprenne deux condensateurs variables C et C' montés en parallèle et faisons varier C (en ne touchant pas au circuit B) jusqu'à ce que $N_1 = N_2$. A ce moment nous n'entendons plus aucun son au téléphone. Si nous faisons varier C' d'une quantité $\Delta C'$, les sons réapparaîtront d'autant plus aigus que la variation $\Delta C'$

Digitized by Google

sera plus grande. Le son disparaitra à nouveau si nous faisons varier C en sens contraire de C' d'une quantité ΔC telle que $\Delta C = \Delta C'$; le condensateur variable C étant supposé étalonné, nous en déduirons $\Delta C'$.

En résumé, le circuit B auquel nous n'avons pas touché est un circuit « tare » et la variation $\Delta C'$ a été obtenue une méthode de double pesée.

Méthode des battements doubles. — Supposons que le récepteur soit un poste autodyne, c'est-à-dire que l'on puisse à volonté, en agissant sur la « réaction », amorcer ou non les oscillations dans le circuit récepteur. Désignons toujours par N_1 la fréquence pour le circuit A comprenant le condensateur C à mesurer, par N_2 la fréquence pour le circuit tare B, et enfin par N_3 la fréquence des oscillations amorcées dans le circuit récepteur.

Il est facile de montrer qu'après détection le téléphone sera parcouru par des courants dont les fréquences seront : $N_1 - N_2$, $N_1 - N_3$, $N_2 - N_3$.

Si nos deux circuits A et B sont rigoureusement réglés sur la même longueur d'onde $N_1 = N_2$ et le téléphone rend un son de fréquence musicale $N_1 - N_3$ alors que lorsqu'on utilisait la méthode des battements, le téléphone ne rendait aucun son. Si maintenant N_1 diffère légèrement de N_2, si par exemple, $N_1 - N_2 = 1$, le téléphone fera entendre les deux sons de fréquence très voisine $N_1 - N_3$ et $N_2 - N_3$, le son de fréquence $N_1 - N_2$ étant inaudible. En définitive, il y aura des battements acoustiques de fréquence

$$(N_1 - N_3) - (N_2 N_3 = (N_1 N_2) = 1;$$

bref, nous entendrons un battement par seconde et cela quel que soit N_3, la fréquence des battements acoustiques est indépendante du réglage de la réaction du poste récepteur, ce qui, dans la pratique, est extrêmement précieux. D'après M. Bedeau, une variation de capacité de l'ordre de 20 U. E. S. peut être mesurée à 1/1000 près.

2. Mesures en basse fréquence. — Jusqu'à ces derniers temps les seules méthodes utilisées pour les mesures très précises étaient les méthodes basées sur l'emploi des « ponts ».

En France, particulièrement au Laboratoire Central des Electriciens, on utilise surtout la méthode du pont de Wheatstone.

Cette méthode, dont la mise au point pour la mesure des résistances en courant continu ne paraît pas avoir présenté de difficultés, nécessite en courant alternatif, un grand nombre de précautions sans lesquelles les mesures sont tout à fait illusoires.

Ce n'est que depuis très peu de temps qu'il semble que l'on soit en possession d'une méthode vraiment correcte, c'est cette difficulté de mise au point d'un principe très simple qui explique le nombre considérable de travaux effectués sur ce sujet. C'est ainsi que, successivement on a utilisé les ponts de Sauty, de Nernst, de Maxvell, de Wien; des perfectionnements furent imaginés par Hertwig (1913), par Joachim (1919), par King et Patrick (1921).

Les précautions à prendre sont les suivantes :

1° La source de courant doit produire du courant alternatif sinusoïdal; un vibreur quelconque est donc tout à fait insuffisant; on utilisera donc soit un électrodiapason, soit un alternateur, soit enfin un générateur à lampes, à la suite duquel on intercalera un filtre, de façon à éliminer les harmoniques;

2° Les résistances doivent être des résistances pures ne comportant ni self, ni capacité. L'enroulement double, généralement employé pour supprimer la self-induction, introduit, en dérivation avec la résistance, une capacité d'autant plus forte que l'étalon est plus résistant. Pour les bobines de l'ordre de 1000 ohms, cette capacité ne peut plus être négligée. On devra donc utiliser des enroulements du type Ayrton et Mather;

3° Nous remarquerons que le raisonnement sur lequel est basée la théorie du pont suppose essentiellement que les diagonales, aussi bien que les côtés du pont, sont dépourvues de toute dérivation. Or, de telles dérivations, inexistantes en courant continu, peuvent se produire aux fréquences téléphoniques, soit directement, soit par l'intermédiaire du sol, par induction ou capacité. Les plus importantes de ces dérivations sont celles qui peuvent se former d'une diagonale à l'autre en traversant les côtés du pont; le générateur à lampes, alimenté par des batteries d'accumulateurs, a souvent un point au potentiel du sol; d'autre part, le téléphone étant forcément à l'oreille de l'opérateur se trouve avoir une capacité notable par rapport au corps de celui-ci, en général au contact du sol.

Pour remédier à cet état de choses, on intercale entre la source et le pont un ou des transformateurs à écrans électrostatiques et on utilise d'autre part l'artifice de Wagner.

3. Conclusions. — Avec la méthode des doubles battements d'une part, la méthode de Wheatstone d'autre part, il est possible de comparer avec précision les mesures de capacité effectuées en haute fréquence et en fréquence relativement basse (1000 per : sec).

Ces comparaisons conduisent aux résultats suivants :

Si l'on utilise des longueurs d'onde supérieures à 1000 m, les nombres trouvés par l'une quelconque des méthodes sont rigoureusement les mêmes. Les méthodes ne font d'ailleurs pas double emploi : la méthode des doubles battements est pratiquement inutilisable pour de fortes capacités (supérieures à 2/1000 de microfarad, par exemple), tandis que la méthode de Wheatstone est inutilisable pour les capacités très faibles.

A. B.

DIVERS

Les redresseurs à vapeur de mercure du métropolitain de Berlin. (*Elektrotechnik und Maschinenbau* du 17 avril). — Depuis que l'on a électrifié, la ligne métropolitaine circulaire du métropolitain de Berlin, ainsi que les lignes de banlieue, la traction se fait par courant continu à la tension de 800 v, fourni par des redresseurs à vapeur de mercure, alimentés par le réseau triphasé à 50000 v de la ville.

Il y a 125 groupes de convertisseurs d'une puissance de 1200 kw pour un service continu, qui peuvent être surchargés jusqu'à 3000 kw, pendant les heures de fort trafic. La facilité de pouvoir supporter des surcharges élevées, la possibilité de placer les appareils, dans des niches, disposées dans les voûtes (il y a au total 40 stations), la possibilité de la commande à distance, permettant des économies de personnel et l'économie réalisée dans les dépenses d'installation, due à ce que les points d'alimentation sont bien répartis, ont été les causes principales de l'adoption de ce genre de convertisseurs.

F. L.

Les emprunts Italiens en Amérique. (*The Electrical Review*, 15 juillet 1927.) — De l'emprunt de 200 000 000 dollars effectué par l'Italie, en Amérique, 85 000 000 dollars ont été affectés au développement de l'industrie électrique qui doit augmenter de ce fait, sa production annuelle d'environ 1 000 000 000 hw-h. Les importations de charbon s'en trouvaient diminuées, dit-on, de 150 000 000 lire par an.

J. M.

Digitized by Google

DOCUMENTS OFFICIELS

ARRÊTÉ DU 30 AVRIL 1927

DÉTERMINANT

LES CONDITIONS TECHNIQUES

AUXQUELLES DOIVENT SATISFAIRE

LES DISTRIBUTIONS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

(*Journal Officiel du 23 Juillet 1927.*)

(*Suite*[1]).

Division II

Traversée des lignes secondaires d'intérêt général et des lignes d'intérêt local

Art. 57. — *Cas où la traction est électrique.* — § 1er. — Toute canalisation aérienne de distribution qui croise le chemin de fer doit satisfaire aux prescriptions des articles 26, paragraphes 2 (dernier alinéa) et 3, 56, paragraphes 2 et 3; et, en outre, aux prescriptions spéciales suivantes :

§ 2. — Les supports de la ligne d'énergie placés de part et d'autre de la traversée devront être aussi rapprochés que possible des limites de l'emprise, sans que leur distance au bord extérieur du rail le plus voisin puisse être inférieure à 2 m 50. Ils sont placés à une distance horizontale d'au moins 1 m 50 des lignes de conducteurs électriques d'énergie ou de télécommunication existant le long des voies et, autant que possible, du côté de ces lignes opposé à la voie ferré.

§ 3. — *a*) On ne fera pas usage de poteaux ou de pylônes en bois dans la traversée ;

b) La section de l'âme métallique des conducteurs d'énergie ne peut être inférieure à 12 millimètres carrés pour les portées inférieures ou égales à 40 mètres et à 19 millimètres carrés pour les portées supérieures à 40 mètres.

La section pourra toutefois être inférieure aux minima ci-dessus indiqués si la traversée est constituée par des conducteurs solidaires, pourvu que le coefficient de sécurité de l'ensemble de ces conducteurs solidaires soit au moins égal à celui qu'assurerait l'emploi de conducteurs simples ayant les sections minima fixées par l'alinéa précédent.

Section V

Protection des lignes de télécommunication.

Art. 58. — *Canalisations aériennes voisines de lignes de télécommunication.* — § 1er. — Lorsque les canalisations suivent parallèlement une ligne de télécommunication, la distance minimum à établir entre cette ligne et les conducteurs d'énergie doit être fixée de manière qu'en aucun cas il ne puisse y avoir de contact accidentel.

Cette distance prise de conducteur à fil en projection horizontale ne peut être inférieure à 1 m 50 en dehors des agglomérations, elle peut être réduite à 1 mètre en projection horizontale avec une portée maximum de 40 mètres. Elle peut être réduite à 1 mètre de distance réelle si les points de fixation des conducteurs d'énergie ne sont pas distants l'un de l'autre de plus de 1 mètre.

Dans tous les cas, les précautions nécessaires devront être prises pour qu'il ne se produise aucune perturbation nuisible par induction ou autrement.

Les poteaux ou pylônes supportant les lignes d'énergie devront être à une distance d'au moins 50 centimètres du plan vertical des fils de télécommunication les plus rapprochés, si ces supports sont en bois ou en ciment armé et de 1 mètre s'ils sont métalliques.

§ 2. — Aux points de croisement, les conducteurs d'énergie sont, autant que possible, placés au-dessus des fils de télécommunication.

Une distance minimum de 2 mètres est maintenue entre les conducteurs et les fils de télécommunication.

Si les conducteurs d'énergie sont au-dessus des fils de télécommunication, il est fait application des dispositions de l'article 5, paragraphe 4, de l'article 45, paragraphe 4, de l'article 46, paragraphe 2, de l'article 47 et de l'article 56, paragraphe 2.

Si les canalisations d'énergie sont au-dessous des fils de télécommunication, un dispositif de garde efficace mis en communication avec le sol est solidement établi entre les deux sortes de conducteurs.

Si les canalisations d'énergie sont disposées verticalement ou obliquement, la plus courte distance entre les conducteurs d'énergie et les fils ne devra pas être inférieure à 2 mètres, en outre, un dispositif de garde, relié au sol s'il est métallique, sera placé entre les deux canalisations, si la proximité de ces canalisations le rend nécessaire.

Art. 59. — *Lignes de télécommunication affectées à l'exploitation des distributions et montées sur les mêmes supports.* — Les lignes de télécommunication qui sont montées, en tout ou en partie de leur longueur, sur les mêmes supports qu'une ligne électrique de deuxième catégorie, ne sont pas soumises aux dispositions des deuxième et troisième alinéas, du paragraphe 1er de l'article 58. Elles sont assimilées aux lignes électriques de cette même catégorie.

En conséquence, elles sont soumises aux prescriptions applicables à ces lignes, sauf dans les sections où montées sur des supports particuliers, elles sont séparées du reste du circuit par un appareil (transformateur, par exemple), évitant dans une mesure suffisante la propagation des effets d'induction dont ce circuit est le siège.

Les lignes de télécommunication sont toujours placées au-dessous des conducteurs d'énergie électrique.

En outre, leurs postes de communication, leurs appareils de manœuvre ou d'appel sont disposés de telle manière qu'il ne soit possible de les utiliser ou de les manœuvrer qu'en se trouvant dans les meilleures conditions d'isolement par rapport au sol, à moins que leurs appareils ne soient disposés de manière à assurer l'isolement de l'opérateur par rapport à la ligne.

Section VI

Exploitation des distributions.

Art. 60. — *Interrupteurs aériens.* — La manœuvre des interrupteurs aériens placés à l'extérieur ne devra être faite qu'au moyen de gants en caoutchouc, l'opérateur étant placé sur un tapis de caoutchouc ou un tabouret isolant. En outre, la poignée de manœuvre de l'appareil doit être isolante et la tringle ou le câble de manœuvre doit être séparé de l'interrupteur par un double isolement.

Art. 61. — *Affichage des prescriptions de sécurité dans les distributions de deuxième catégorie.* — Les chefs d'industrie, directeurs ou gérants sont tenus d'afficher dans un endroit apparent des salles contenant des installations de deuxième catégorie :

1° Un ordre de service indiquant qu'il est dangereux et formellement interdit de toucher aux pièces métalliques ou conducteurs soumis à une tension de 2e catégorie même avec

(1) Voy. *L'Industrie électrique* du 25 août 1927, page 385 et 10 septembre 1927, page 403.

Digitized by Google

des gants en caoutchouc ou de se livrer à des travaux sur ces pièces ou conducteurs, même avec des outils à manche isolant;

2° Des extraits du présent arrêté.

CHAPITRE V

Ouvrage de troisième catégorie.

Art. 62. — *Prescriptions générales.* — Les ouvrages de troisième catégorie sont soumis aux prescriptions du chapitre II ci-dessus ainsi qu'aux dispositions du présent chapitre.

SECTION I

Canalisations aériennes.

Art. 63. — *Supports.* — § 1er. — Les pylônes et poteaux métalliques ou en béton armé sont mis en communication avec le sol.

§ 2. — Les poteaux et pylônes sont munis, à une hauteur d'au moins 2 mètres au-dessus du sol, d'un dispositif spécial pour empêcher, autant que possible, le public d'atteindre les conducteurs; les pylônes à treillis seront également munis d'un dispositif empêchant l'ascension par l'intérieur. En outre, chaque support porte l'indication : « Défense absolue de toucher aux fils, même tombés à terre », suivie, en gros caractères, des mots : « Danger de mort »; cette inscription figurera sur une plaque dont les caractéristiques générales seront déterminées par le ministre des travaux publics.

§ 3. — Les traverses qui supportent les ferrures d'isolateurs des poteaux et pylônes sont pourvues des fourrures nécessaires pour boucher toute cavité où pourrait être construit un nid d'oiseau.

§ 4. — Aucun support de canalisation de troisième catégorie ne peut être établi sur les maisons et autres bâtiments, à l'exception des bâtiments affectés au service de la distribution.

§ 5. — Dans la traversée des routes nationales ou départementales et des chemins de grande communication ou d'intérêt commun et des voies de circulation établies sur les dépendances du domaine public fluvial ou maritime, les supports doivent être aussi rapprochés que possible.

Toutefois, cette prescription n'est pas applicable aux canalisations aériennes dont la section est égale ou supérieure à 48 mm² pour le cuivre ou à une section conduisant à une résistance mécanique à la rupture équivalente pour les autres métaux et qui sont constituées en conducteurs câblés à trois brins au moins.

Art. 64. — *Conducteurs.* — § 1er. — Le point le plus bas des conducteurs et fils de toute nature doit être à 6 mètres au moins au-dessus du sol des propriétés privées, ainsi que le long des parties des voies publiques accessibles aux véhicules.

Cette hauteur est portée à 5 mètres au moins dans la traversée des parties des voies publiques accessibles aux véhicules.

§ 2. — Les mesures nécessaires sont prises pour que, dans les traversées et sur les appuis d'angle, les conducteurs d'énergie électrique, au cas où ils viendraient à abandonner l'isolateur, soient encore retenus et ne risquent pas de traîner sur le sol ou de créer des contacts dangereux.

§ 3. — En cas d'équipement avec les isolateurs du type suspendu, les pinces de fixation des conducteurs seront établies de manière à retenir le conducteur sans le laisser glisser.

§ 4. — Dans le voisinage des maisons et autres bâtiments, à l'exception de ceux affectés au service de la distribution, les conducteurs, qui doivent être en tout cas hors de la portée des habitants et usagers, sont placés en dehors d'une zone de protection limitée par un plan vertical, parallèle au mur de façade et par un plan incliné, parallèle au toit en pente, ou par un plan horizontal parallèle au toit en terrasse.

Dans le cas des toits à la Mansard, la portion de toit dont l'inclinaison sur l'horizontale sera supérieure à 45 degrés est assimilée à la partie verticale du mur de façade.

Les conducteurs situés à la limite ou en dehors de la zone de protection ainsi définie doivent être à une distance minimum de toute partie en saillie sur la façade (balcon, chéneau, etc.) ou sur le toit (cheminée, lucarne, paratonnerre) et à une distance verticale minimum de toute construction autre qu'un garde-corps en saillie sur le toit et située à leur aplomb.

Les distances des plans limitant la zone de protection aux murs ou toits et celles qui doivent être respectées d'après l'alinéa précédent sont uniformément fixées à 3 mètres pour les lignes équipées avec isolateurs rigides et à 4 mètres pour les lignes équipées avec isolateurs suspendus.

§ 5. — Des transpositions régulières des conducteurs seront effectuées de manière à établir une symétrie électrique aussi complète que possible de chacune des phases de la ligne d'énergie par rapport à l'ensemble constitué par le sol et par les éléments tels que : constructions, arbres, lignes de première ou de deuxième catégorie.

Art. 65. — *Résistance mécanique des ouvrages.* — Le coefficient de sécurité des supports, des ferrures d'isolateurs et des conducteurs sera uniformément égal à 3, sauf en ce qui concerne les supports et ferrures d'isolateurs établis dans les agglomérations, ou encadrant une traversée de route nationale ou départementale, de chemin de grande communication ou d'intérêt commun ou de voie de circulation établie sur les dépendances du domaine public fluvial ou maritime, ou située dans une partie de gare ou station ouverte au public, pour lesquels ce coefficient sera porté à 5.

Art. 66. — *Exploitation des lignes.* — Les télécommunications nécessaires à la sécurité de l'exploitation seront établies entre les usines de production et les postes de transformation ou de coupure.

SECTION II

Sous-stations, postes de transformation et installations diverses.

Art. 67. — *Moteurs, transformateurs et appareils.* — § 1er. — Les locaux non gardés dans lesquels sont installés des transformateurs doivent être fermés à clef; lorsque les portes de fermeture sont à rabattement, elles doivent s'ouvrir vers l'extérieur; si elles s'ouvrent sur une voie publique ou sur les dépendances du domaine public fluvial ou maritime, elles devront se rabattre et être fixées sur le mur de façade, de façon à réduire la saillie au minimum.

Des écriteaux très apparents sont apposés partout où il est nécessaire pour prévenir le public du danger d'y pénétrer.

§ 2. — Si une machine ou un appareil électrique se trouve dans un local ayant en même temps une autre destination, la partie du local affectée à cette machine ou à cet appareil est rendue inaccessible par un garde-corps ou un dispositif équivalent, à toute personne autre que celle qui en a la charge. Une mention indiquant le danger doit être affichée en évidence.

§ 3. — Les bâtis et pièces conductrices non parcourus par le courant qui appartiennent à des moteurs et transformateurs sont reliés électriquement du sol ou isolés électriquement du sol. Dans ce dernier cas, les machines sont entourées par un plancher de service non glissant isolé du sol et assez développé pour qu'il ne soit pas possible de toucher à la fois à la machine et à un corps conducteur quelconque relié au sol.

La mise au sol ou l'isolement électrique est constamment maintenu en bon état.

§ 4. — Les passages ménagés pour l'accès aux machines

Digitized by Google

et appareils placés à découvert ne peuvent avoir moins de 2 mètres de hauteur; leur largeur mesurée entre les machines, conducteurs ou appareils eux-mêmes, aussi bien qu'entre ceux-ci et les parties métalliques de la construction, ne doit pas être inférieure à 1 mètre.

Art. 68. — *Canalisations installées à l'intérieur des sous-stations et postes de transformation.* — § 1er. — A l'intérieur des sous-stations et postes de transformation, les canalisations nues doivent être établies sur des isolateurs convenablement espacés et être écartées des masses métalliques telles que piliers ou colonnes, gouttières, tuyaux de descente.

§ 2. — Les canalisations nues doivent être protégées par des garde-corps placés à une distance horizontale minimum en rapport avec la tension, mais jamais inférieure à 2 mètres.

Lorsque ces canalisations sont situées dans un plan horizontal, et qu'elles sont établies au-dessus d'un endroit accessible (tel que passage d'accès, passerelles, etc.), leur hauteur par rapport à celui-ci devra être en rapport avec la tension sans jamais être inférieure à 4 mètres.

§ 3. — La largeur des passages d'accès, ménagés entre les garde-corps eux-mêmes aussi bien qu'entre ceux-ci et les parois de la construction ne doit pas être inférieure à 1 mètre.

§ 4. — Tous les conducteurs et appareils doivent, notamment sur les tableaux de distribution, être nettement différenciés des conducteurs ou appareils de première catégorie par une marque très apparente (une couche de peinture par exemple).

§ 5. — Il pourra être fait emploi, pour protéger le personnel contre les conducteurs sous tension, de pancartes ou d'écrans très visibles mentionnant l'interdiction d'ouvrir tant que les conducteurs du compartiment qu'ils commandent sont sous tension. Il devra, à défaut de ce procédé, être fait emploi de tout procédé procurant une sécurité équivalente.

Art. 69. — *Tableaux de distribution.* — § 1er — Sur les tableaux de distribution portant sur leur face avant (où se trouvent les poignées de manœuvre et les instruments de lecture) des appareils et pièces métalliques, pouvant être sous tension, le plancher de service doit être isolé électriquement et établi dans les conditions indiquées à l'article 67, paragraphe 3.

§ 2. — Quand des appareils et pièces métalliques pouvant être sous tension sont établis à découvert sur la face arrière du tableau, un passage entièrement libre de 1 mètre de largeur et de 2 mètres de hauteur au moins est réservé derrière lesdits appareils et pièces métalliques; l'accès de ce passage est défendu par une porte fermant à clef, laquelle ne peut être ouverte que par ordre du chef de service ou par ses préposés à ce désigné; l'entrée en sera interdite à toute autre personne.

Art. 70. — *Mise au sol des colonnes et autres pièces métalliques des sous-stations et postes de transformation.* — Les colonnes, les supports et, en général, toutes les pièces métalliques des sous-stations et postes de transformation, qui risqueraient d'être soumis à une tension de troisième catégorie doivent être reliés au sol.

Section III

Branchements particuliers.

Art. 71. — *Dérivations particulières.* — Les dispositifs prévus à l'article 15 peuvent être remplacés par des dispositifs de sectionnement ne permettant pas la coupure en charge.

Section IV

Traversée et voisinage d'autres lignes d'énergie électrique.

Art. 72. — *Canalisations aériennes.* — Les prescriptions des sections I et III du présent chapitre sont applicables aux parties des installations traversant ou avoisinant des lignes d'énergie électrique.

En outre, toute canalisation nouvelle doit être établie de telle manière que le conducteur le plus rapproché des lignes d'énergie de toutes catégories préexistantes soit à une distance verticale du conducteur le plus voisin desdites lignes au moins égale à l'écartement des conducteurs de ces lignes, ou de la nouvelle canalisation, si ce dernier est supérieur, sans que cette distance puisse être inférieure à 2 mètres.

Section V

Traversée des chemins de fer (1).

Art. 73. — *Prescriptions générales.* — Les prescriptions des sections I et III et, lorsque le mode de traction adopté est la traction électrique, de la section IV du présent chapitre, sont applicables aux parties des installations traversant les lignes de chemins de fer sous réserve des dispositions spéciales de la présente section.

Division I

Traversée des lignes de grands réseaux d'intérêt général

Art. 74. — *Canalisations aériennes.* — § 1er. — Toute canalisation aérienne qui n'emprunte pas un ouvrage d'art doit franchir les voies ferrées, autant que possible, d'une seule portée et suivant la direction générale de la ligne d'énergie, sans que ladite portée puisse, à moins de circonstances spéciales, dépasser 70 mètres.

Toutefois, aucune limitation de longueur n'est imposée aux canalisations aériennes dont la section est égale ou supérieure à 48 mm² pour le cuivre ou à une section conduisant à une résistance mécanique à la rupture équivalente pour les autres métaux et qui sont constituées en conducteurs câblés à trois brins au moins. Dans ce cas la traversée doit se faire sous un angle d'au moins 15 degrés avec la direction des voies, à moins qu'elle ne soit établie le long d'une voie publique traversant la voie ferrée sous un angle moindre.

Le point le plus bas de la canalisation doit être situé à sept mètres au moins de hauteur au-dessus du rail le plus haut; de plus elle doit être établie à une distance dans le sens vertical du conducteur électrique préexistant le plus voisin longeant la voie ferrée égale au moins aux deux tiers de l'écartement des conducteurs de la ligne, sans que cette distance puisse être inférieure à deux mètres.

Les prescriptions du 1er alinéa du paragraphe 2 de l'article 26 obligeant à placer les supports aussi près que possible des limites de l'emprise ne sont pas applicables aux canalisations aériennes dont chaque conducteur possède, s'il est en cuivre, une section égale ou supérieure à 48 millimètres carrés ou, s'il est d'un autre métal, une section qui donne une résistance à la rupture au moins égale à celle d'un fil de cuivre de 48 millimètres carrés et qui sont constitués en conducteurs câbles à trois brins au moins.

§ 2. — Chaque conducteur des canalisations aériennes est relié sur chacun des supports de la traversée à deux isolateurs.

---

(1) Ces dispositions ne s'appliquent pas aux canalisations traversant des voies de quai, des embranchements industriels et autres voies ferrées analogues, ni aux lignes électriques de service établies dans les gares et stations.

Elles ne s'appliquent pas non plus aux canalisations électriques établies longitudinalement par les réseaux dans leurs emprises (les surplombs de rails dans certaines courbes ou les traversées de voies au voisinage des aiguillages ne constituant pas les traversées de lignes de chemins de fer visées par la présente section), mais elles s'appliquent aux traversées qui intéressent les voies principales.

Digitized by Google

Toutefois, cette prescription n'est pas applicable aux lignes montées avec isolateurs suspendus.

§ 3. — A chacun des supports et à 50 centimètres au moins des isolateurs dans la portée de la traversée, est fixée une pièce de garde métallique en communication avec le sol, afin qu'en cas de rupture d'un ou plusieurs isolateurs ou conducteurs, ce ou ces conducteurs soient en communication avec le sol.

Toutefois, ces dispositions ne s'appliquent pas aux lignes montées avec isolateurs suspendus, pour lesquelles elles sont remplacées par les suivantes :

A chaque support est installé un dispositif tel qu'il puisse recevoir les conducteurs en cas de rupture d'une ou plusieurs chaînes, les maintenir à la hauteur spécifiée au paragraphe 1er du présent article et les mettre en communication avec le sol.

§ 4. — *a*) On ne fera pas usage de poteaux ou pylônes en bois dans la traversée et les portées immédiatement contiguës.

Toutefois, lorsque, dans la traversée, la ligne aérienne est remplacée par un câble souterrain, l'emploi de poteaux ou pylônes en bois est autorisé à chaque extrémité de cette traversée à la condition que la hauteur de chaque support soit inférieure à la distance aux emprises du chemin de fer.

b) La section de l'âme métallique des conducteurs ne peut être inférieure à 12 millimètres carrés pour les portées inférieures ou égales à 40 mètres et à 19 millimètres carrés pour les portées supérieures à 40 mètres.

La section pourra toutefois être inférieure aux minima ci-dessus indiqués, si la traversée est constituée par des conducteurs solidaires, pourvu que le coefficient de sécurité de l'ensemble de ces conducteurs solidaires soit au moins égal à celui qu'assurerait l'emploi de conducteurs simples ayant les sections minima fixées par l'alinéa précédent.

Division II

Traversée des lignes secondaires d'intérêt général et des lignes d'intérêt local

Art. 75. — *Cas où la traction est électrique.* — § 1er. — Toute canalisation aérienne qui croise la ligne de chemin de fer doit satisfaire aux dispositions des articles 26, paragraphe 2 (dernier alinéa) et 3, 74, paragraphes 2 et 3, et, en outre, aux prescriptions spéciales suivantes :

§ 2. — Les supports de la ligne d'énergie placés de part et d'autre de la traversée devront être aussi rapprochés que possible des limites de l'emprise, sans que leur distance au bord extérieur du rail le plus voisin puisse être inférieure à 2 m 30. Ils sont placés à une distance horizontale d'au moins 1 m 50 des lignes de conducteurs électriques d'énergie ou de télécommunication existant le long des voies et, autant que possible, du côté de ces lignes opposé à la voie ferrée.

Les prescriptions du premier alinéa, obligeant les supports à être aussi rapprochés que possible des limites de l'emprise, ne sont pas applicables aux canalisations aériennes dont la section est égale ou supérieure à 48 millimètres carrés pour le cuivre ou à une section conduisant à une résistance à la rupture équivalente pour les autres métaux et qui sont constitués en conducteurs câblés à trois brins au moins.

§ 3. — *a*) On ne fera pas usage de poteaux ou de pylônes en bois dans la traversée;

b) La section de l'âme métallique des conducteurs d'énergie ne peut être inférieure à 12 millimètres carrés pour les portées inférieures ou égales à 40 mètres et à 19 millimètres carrés pour les portées supérieures à 40 mètres.

La section pourra toutefois être inférieure aux minima ci-dessus indiqués, si la traversée est constituée par des conducteurs solidaires pourvu que le coefficient de sécurité de l'ensemble de ces conducteurs solidaires soit au moins égal à celui qu'assurerait l'emploi de conducteurs simples ayant les sections minima fixées par l'alinéa précédent.

Section IV

Protection des lignes de télécommunication.

Art. 76. — *Canalisations nouvelles.* — Dans le cas où une ligne d'énergie électrique à courant alternatif projetée, dont le point neutre restera isolé du sol, doit être en tout ou en partie parallèle à une ligne de télécommunication à une distance exprimée en mètres inférieure à $1/3\sqrt{U}$ (où U est la plus grande tension entre conducteurs en service normal exprimée en volts) sur une longueur suffisante pour que des tensions importantes puissent être induites par cette ligne d'énergie sur la ligne de télécommunication, le concessionnaire ou permissionnaire devra annexer à son projet une évaluation des tensions qu'il y a lieu de prévoir tant par induction électrique que par induction électromagnétique.

Ces prévisions seront basées sur les positions existantes de la ligne de télécommunication et les positions projetées pour la ligne d'énergie, en ne faisant entrer en ligne de compte que les portions de cette dernière distantes de la ligne de télécommunication de moins $1/3\sqrt{U}$.

Si le point neutre de la ligne d'énergie est relié au sol, on se bornera à effectuer les calculs pour le cas de court-circuit au sol sur une phase.

Dans les cas visés ci-dessus, les transpositions prévues à l'article 64, paragraphe 5, devront être telles que les tensions induites ne puissent, compte tenu des dispositifs de sécurité adoptés sur la ligne de télécommunication, présenter de danger pour les personnes ou le matériel. La distance des deux transpositions successives n'excédera pas 24 kilomètres quand les conducteurs d'un circuit d'énergie sont disposés en triangle sur les appuis, et 12 kilomètres quand ces conducteurs sont disposés approximativement en ligne droite, soit horizontale, soit verticale, soit oblique.

Art. 77. — *Canalisations aériennes voisines de lignes de télécommunication.* — § 1er. — Lorsque les canalisations suivent parallèlement une ligne de télécommunication, la distance minimum prise entre les conducteurs et les fils de télécommunication en projection horizontale sera au moins égale aux deux tiers de l'écartement des conducteurs d'énergie sans pouvoir être inférieure à 2 mètres.

Les parties les plus saillantes des poteaux ou pylônes supportant les lignes visées à l'alinéa précédent devront être à une distance d'au moins 1 m 50 du plan vertical des fils de télécommunication les plus rapprochés, si ces supports sont en bois ou en ciment armé, et de 3 mètres s'ils sont métalliques; la distance mesurée verticalement entre les conducteurs les plus bas et les fils de télécommunication les plus hauts sera toujours supérieure à 3 mètres.

Toutefois, ces prescriptions ne sont pas applicables aux lignes à courant alternatif de tension inférieure à 45 000 volts existant sur la plate-forme des chemins de fer qui resteront régies par les dispositions du paragraphe 1er de l'article 58.

(*A suivre.*)

L'Editeur-Gérant : A. LAHURE.

94 940. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris. — 1927

Digitized by Google

36e Année. — N° 847. 10 Octobre 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTEUR EN CHEF
ALFRED SOULIER
Le 2e vendredi de chaque mois de 15 h. à 16 h.

ABONNEMENTS
Paris et Départements : 30 francs par an.
Union postale : 40 francs par an.

ADMINISTRATION
9, rue de Fleurus, 9. — (Paris VIe)
TÉLÉPHONE
Ségur 04-23 et Ségur 04-44.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction au Rédacteur en Chef, 9, rue de Fleurus.

Pour toute demande de numéros de L'Industrie Électrique *on est prié de joindre, à la demande, le montant de l'envoi, en timbres-poste ou en mandat postal.*

SOMMAIRE

Informations. — Les transports par voies ferrées et par routes. — Fils exposant. — La détermination des batteries d'accumulateurs de traction automobile. — Dispositifs de réception automatique des signaux d'alarme radioélectriques. — L'énergie électrique en Italie. — L'électrification des chemins de fer italiens. — Emission radiotélégraphique à grande vitesse. — Nouvelle station radiotélégraphique Hongroise. — Téléphonie à longue distance en Russie. — La nouvelle station radiotélégraphique à grande puissance de Daventry. 435

Conducteurs creux pour réseaux aériens a très haute tension. F. L. 437

La technique moderne des appareils de mesure pour courants alternatifs (*suite et fin*). J. M. 439

Le traitement des animaux par les radiations ultra-violettes. A. Z. 443

La mesure précise et exacte des longueurs d'onde dans les stations radiotélégraphiques d'émission. J. M. 447

Revue de la presse. — *Radiations :* Radioactivité du potassium et du rubidium. — *Questions théoriques* : La transmutation artificielle des éléments. 450

Arrêté du 30 avril 1927 déterminant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique (*suite*). 451

La reproduction des matières contenues dans L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE sans citation de ce journal est interdite.

Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus.

INFORMATIONS

Les transports par voies ferrées et par routes. (*The Electrician*, 12 août 1927.) — La concurrence entre les deux modes de transport, qui a déjà fait l'objet d'un exposé frappant, dans ces colonnes(1), semble aussi faire quelque progrès en Angleterre. Les Compagnies de chemins de fer de ce pays se proposent, en effet, de saisir le parlement de la question, à sa prochaine rentrée, afin d'obtenir une loi leur donnant des droits au transport routier.

Là-bas, comme ici, de nombreux constructeurs font transporter sur routes, par camions, leurs matériel lourd ; les chemins de fer n'offrent, paraît-il, qu'un service médiocre et onéreux. Les mêmes arguments, fournis ici, se retrouvent chez nos voisins : à l'économie réalisée sur le prix même du transport, s'ajoute celui d'un emballage beaucoup moins spécial. De nombreux industriels possèdent déjà un service de livraison en propre, qui couvre des régions très étendues. Ceux qui ne sont pas encore organisés de la sorte s'adressent souvent à des compagnies de messagerie, dont les tarifs sont très avantageux. De telles compagnies existent déjà, entre Londres et Birmingham, Birmingham et Liverpool, Londres et l'Ouest de l'Angleterre. Sur la ligne Londres-Birmingham, les camions quittent la capitale à 7 heures du matin, et distribuent leurs charges le lendemain matin à Birmingham. La concurrence se révèle donc dangereuse pour les compagnies de chemins de fer, dont les tarifs sont prohibitifs, en Angleterre comme en France. Souhaitons que le danger fasse mieux sentir aux dirigeants intéressés la nécessité d'une amélioration de leur système d'exploitation. J. M.

Fils explosant. (*The Electrical Review*, 15 juillet 1927.) — Dans la revue « Scientific American », le professeur H.-N. Russel relate quelques expériences très curieuses conduites par M. Anderson, sur des « fils explosant » qui permettraient de se former une opinion sur la température et l'éclat du soleil et des étoiles. Des fils conducteurs de matière quelconque sont tréfilés jusqu'à une finesse extrême et placés dans le champ électrostatique d'un condensateur dont le poten-

1. Voir l'article de M. de Coninck, *L'Industrie Electrique*, n° 814 du 25 mai 1926.

Digitized by Google

tiel de charge peut atteindre 40 000 v. Dès que ce condensateur est soumis à une tension de haute fréquence, le fil fin est instantanément transformé en un filament de vapeur incandescente, évidemment à très haute pression, qui s'étend dans toutes les directions jusqu'à ce que son diamètre atteigne 2 cm environ, que sa pression soit réduite à celle de l'atmosphère.

Le phénomène dure environ 1/25000 seconde. De l'intensité de la lumière produite, on peut estimer la température initiale du gaz à 20 000° C., c'est-à-dire, celle de la plupart des plus chaudes étoiles. On constate qu'à la température maxima, la vapeur incandescente est opaque. Une étincelle, alimentée par la même décharge, fournit une raie spectrale brillante lorsqu'elle est située en avant du filament. Située à l'arrière, elle devient invisible.

Les observations furent faites avec un miroir tournant à une très grande vitesse. J. M.

La détermination des batteries d'accumulateurs de traction automobile. (*The Electrician*, 5 août 1927.) — La détermination des caractéristiques d'une voiture automobile à traction électrique par accumulateur n'a rien de commun avec celle de véhicules pour routes d'un autre type quelconque.

Ces caractéristiques dépendent d'abord du genre de travail de la voiture; entre des buts commerciaux et de service de ville interviendront donc des questions de poids et de fini: mais, en définitive, il reste surtout à considérer le poids et la vitesse, les autres éléments restant semblables pour des voitures de buts différents. La vitesse de consommation normale varie de 15 à 40 k-h en palier, suivant le service demandé. Outre ces conditions de vitesse et poids, la normalisation des pièces doit être aussi poussée que possible.

La résistance et le poids du châssis d'un véhicule électrique sont de la plus grande importance. Viennent ensuite : 2° la répartition uniforme du poids de la batterie sur le châssis; 3° un empâtement de roues étroit, et grand angle de braquage de la direction; 4° la hauteur sur laquelle sera répartie la charge, pour remplir les conditions du service demandé; 5° le diamètre des roues; 6° des freins simples et efficaces; 7° des ressorts de suspension très souples; 8° une carrosserie légère; 9° des engrenages de réduction simples, et étanches, entre le moteur et les arcs de traction; 10° un accès facile à tous les organes demandant une surveillance ou un graissage, sans oublier la batterie; 11° facilité de garage; 12° facilité de conduite.

Le châssis doit être considéré comme une poutre et demande à être supporté aux points figuratifs des centres axiaux avant et arrière. La batterie en occupe généralement le centre, ce qui nécessite un renforcement de sa résistance mécanique, au détriment de la légèreté. Il conviendrait infiniment mieux de la répartir également sur le plateau. Le poids du moteur généralement appliqué à proximité de l'un des points de suspension du châssis peut être négligé en première approximation. Plus l'empattement des roues est court, plus le châssis est étroit; et plus l'angle de braquage est grand, plus la manœuvre du véhicule sera facile. Un angle de 45° est nécessaire. L'empattement des roues doit être légèrement inférieur à celui du châssis.

Les efforts diagonaux sont faibles. Mais le croisillonnage doit cependant être suffisant pour parer à des chocs éventuels. De simples longerons laminés, en forme d'U, sont préférables aux aciers forgés et compressés susceptibles de présenter des soufflures; ils se prêtent, en outre, mieux à la fixation des pièces secondaires.

Les ressorts varient suivant le genre de service et les routes. On leur donnera avantageusement une longueur égale à 1,25 D (D étant le diamètre des roues) pour les roues arrière, et à D, pour les roues avant. Pour les applications les plus courantes, on préfère un nombre relativement faible de lames d'une épaisseur moyenne, qui donnent plus de souplesse et moins de friction entre elles, qu'au plus grand nombre de lames plus minces.

La force des ressorts dépend du poids du châssis et doit être telle, que la charge reçue par le châssis et placée en son centre n'entraîne pas un affaissement supérieur à 7,5 cm. On s'assure ainsi d'une marge de sécurité suffisante pour les cas de secousses anormales ou de chargement défectueux.

Un jeu de freins doit agir sur les roues arrière et l'autre, de telle façon que son intervention reste efficace, même en cas de complet affaissement de l'arc arrière. Le freinage électrique remplace très simplement de nombreuses complications mécaniques.

La hauteur de la charge doit être en relation avec le diamètre des roues. Celles-ci, au point de vue électrique, demandent à être plutôt petites, de façon à permettre l'emploi de moteurs à grande vitesse. Mais pour une hauteur de charge de 1,15 m (la plus courante) un diamètre de roue inférieur à 90 cm élève trop le centre de gravité de l'ensemble. Par ailleurs, au-dessous de cette valeur, les pertes par frottement sur route deviennent exagérées.

L'accouplement entre moteurs et roues motrices peut être de différents types. De ces types, où les moteurs sont placés dans l'arc du châssis et attaquent une transmission à renvoi, signalons : 1° le renvoi d'angle, avec chaînes sur roues motrices; 2° le renvoi d'angle direct sur roues motrices (2 moteurs, sans différentiel); 3° le renvoi par vis tangente.

Avec des moteurs transversaux, on rencontre : 1° le renvoi entraîné par chaîne, et attaquant les roues motrices par chaînes également; 2° deux moteurs, attaquant chacun un renvoi, sans différentiel, avec chaînes sur les roues motrices; 3° moteur combiné à un différentiel faisant partie intégrale de l'arc arrière, et dont chaque extrémité, munie d'un petit pignon, attaque les roues motrices par engrenages cylindriques intérieurs aux roues; 4° deux moteurs, sans différentiel, attaquant les roues par engrenages cylindriques.

Du double point de vue mécanique et entretien, la traction par chaîne sur les roues motrices est défectueuse. En outre, l'introduction d'un renvoi avec dispositif réducteur du type Morse, par chaîne, ou avec engrenages cylindriques, entraîne des frictions supplémentaires.

De petits pignons attaquant les roues par engrenages cylindriques donnent un bon rendement, à l'état de neuf. Ces pignons, cependant, doivent être d'un diamètre et d'un pas nécessairement faibles, qui en augmentent l'usure et en abaissent le rendement mécanique.

Le système à deux moteurs, sans différentiel, ni renvoi, ni chaînes, entraînant les roues par engrenages cylindriques, présente le même désavantage que le cas précédent, du fait de la petitesse des pignons, et donne lieu, en outre, à une consommation légèrement supérieure.

Essais comparatifs de consommation. — Les résultats d'essais de consommation en A-h par km, sur rampe de 1 pour 100, sont à l'avantage du système à réduction simple, contre celui à couronne dentée avec entraînement par chaîne.

Dans les systèmes à réduction simple, les deux moteurs avec pignons attaquant directement les roues à travers des engrenages cylindriques consomment légèrement plus que le moteur unique avec même système d'entraînement; la différence est d'ailleurs insignifiante quand les organes sont encore neufs, entre ces deux systèmes et celui à vis tangente. L'avantage reste légèrement à ce dernier quant à l'usure.

On a longtemps hésité à faire confiance au mode d'entraînement par vis tangente, dont on dépréciait le rendement; la technique moderne a comblé cette lacune et en fait un procédé très avantageux, ne nécessitant aucun entretien pendant de longues périodes. Les grands rapports de réduction abaissent évidemment le rendement; mais un rapport de 10 à 1 sur des roues de 0,96 permet une vitesse de 52 km-h avec un moteur tournant à 2200 t: min.

Digitized by Google

Augmentation de la vitesse. — Pour démontrer l'influence du poids sur la vitesse, on fit un essai avec un véhicule dont la batterie était transportée par une autre voiture, suivant la première, et l'alimentant par un câble souple. On mesura une consommation de 14 A-h par km à la vitesse de 46 km-h alors que les chiffres normaux sont 5,5 A-h à 29 km-h. Le même véhicule, sans carrosserie, consommait 3,4 A-h par km. Ces chiffres montrent l'intérêt d'une batterie aussi légère que possible et même suggèrent l'emploi de batterie de courte durée, à faible prix d'achat. La plupart des véhicules actuels sont prévus pour des vitesses relativement faibles, qu'au point de vue consommation il n'y aurait aucune raison de ne pas augmenter sensiblement; c'est ainsi qu'un camion de 2 tonnes, marchant entre 20 et 30 km-h, consomme environ 0,65 A-h par km.

Une consommation exagérée est souvent due à des erreurs grossières, telles que des chaînes trop tendues, ou des roues voilées. Le premier cas peut aller jusqu'à faire brûler un moteur; il augmente la consommation de 20 pour 100, et peut aller jusqu'à decentrer les roues. Un différentiel intentionnellement bloqué augmente la consommation de 10 pour 100 sur une journée de route et de 20 pour 100 dans des courbes de 10 m de rayon.

La facilité de garage mérite de retenir l'attention. Les garages sont généralement établis en profondeur. On aura intérêt à en tenir compte pour l'accessibilité de la batterie qui demande une visite hebdomadaire.

On a proposé d'utiliser des démultiplications mécaniques; mais, étant donné les caractéristiques des moteurs série, l'avantage du système n'est pas évident. Un moteur série offre une vitesse critique correspondant à son excitation totale et, d'une façon générale, une vitesse critique déterminée pour chaque valeur du champ. Il tendra donc toujours à entraîner la voiture à cette vitesse.

L'idée généralement répandue, que les voitures électriques ne peuvent s'appliquer qu'à des parcours en palier est parfaitement erronée. Des essais comparatifs avec voiture à pétrole, sur les mêmes routes, ont accusé 1 tonne par jour supplémentaire, en faveur de la traction électrique.

La normalisation des vis tangentes par entraînement des roues arrière est commercialement effectuée. Quant aux moteurs, il suffirait de 3 types pour les différents modèles possibles de voitures : un moteur unique pour véhicules de 2 tonnes; deux du même type pour véhicules de 4 à 5 tonnes; un moteur plus faible pour les voitures de ville; et deux du même type pour les camionnettes. J. M.

Dispositifs de réception automatique des signaux d'alarme radioélectriques. (*The Electrician*, 29 juillet 1927.) — L'utilisation, à bord des navires, de dispositifs récepteurs automatiquement sensibles à des signaux d'alarme bien déterminés émis par d'autres navires en détresse, présente un intérêt incontestable. Des expériences de ce genre viennent d'être faites en Angleterre par l'Amirauté, le Board of Trade, et le Post Office. Ce dernier vient d'homologuer officiellement les dispositifs mis en œuvre, pour leur application à la marine.

Les navires importants, et particulièrement ceux assurant le transport de passagers, possèdent un personnel radiotélégraphiste qui permet une écoute permanente aux récepteurs. Le dispositif automatique d'alarme est ici d'une importance secondaire. Mais les navires plus petits, qui ne comptent qu'un spécialiste radiotélégraphiste à bord, ne peuvent exiger de celui-ci un service ininterrompu. Le dispositif automatique est alors très précieux. En d'autres termes, l'objet de l'appareil est de permettre au plus petit bateau muni de T. S. F. de percevoir les signaux d'alarme émis dans les limites de sensibilité de son récepteur. Ces signaux se traduisent automatiquement par une sonnerie spéciale qui appelle l'opérateur à son récepteur.

Le dispositif anglais dont il est ici question est prévu pour enregistrer une émission de trois traits de chacun quatre secondes séparés par des intervalles de 1 seconde. La tolérance de l'enregistreur doit être telle qu'il fonctionne sur une émission manuelle réglée sur l'observation d'un simple chronographe à secondes.

La précision doit donc laisser une certaine tolérance à l'émission,, limitée à leur seconde d'erreur sur la totalité des quatre secondes de chaque trait. Dans le cas d'une erreur trop grande à l'émission, l'appareil qui aurait été mis en route lors de la première impulsion correcte reviendrait automatiquement et immédiatement à sa position initiale, armé à nouveau pour recevoir le premier signal juste. Cette remise à zéro est une caractéristique essentielle et très importante de l'appareil.

L'appareil comporte un récepteur amplificateur à trois lampes avec circuits d'accord opérant une sélection aussi aiguë que possible sur l'onde de 600 m avec une tolérance maxima de 2,5 pour 100. Les signaux issus du récepteur traversent ensuite un sélecteur dont le but est de distinguer les signaux d'alarme d'autres émissions sur la même longueur d'onde. L'expérience a montré que si le sélecteur est réglé pour n'intervenir qu'à la fin du troisième trait du signal spécial précédant celui d'alarme, le degré de protection contre les émissions fausses est très suffisant. Chaque trait est enregistré pourvu qu'il dure plus de 3 secondes et moins de 5 et chaque intervalle agit pourvu qu'il soit compris entre 1/5 seconde et 2 secondes. La durée de ces émissions est contrôlée au sélecteur par des relais différés, ou dash-pots, travaillant sur des ressorts antagonistes dont le réglage s'effectue facilement de l'extérieur des appareils. Une transmission Morse à grande vitesse ne peut être enregistrée comme un trait continu, le récepteur étant sensible au moindre intervalle de silence qui bloque aussitôt le sélecteur. Une émission rapprochée sur la même longueur d'onde que le signal d'alarme ne peut empêcher le sélecteur de fonctionner.

Un autre appareil répondant au même but a été créé pour être sensible aux longueurs d'ondes comprises entre 585 et 685 m avec le même rendement. Une capacité variable accorde le circuit d'antenne, le circuit secondaire possédant un accord et un couplage fixes. Le récepteur comporte une lampe détectrice suivie de deux étages amplificateurs à basse fréquence; le dernier de ces étages est détecteur, de façon à débiter sur le sélecteur des impulsions de courant continu. L'intensité fournie par le dernier circuit d'anode est contrôlé par un milliampèremètre; elle est réglable au moyen d'un potentiomètre agissant sur la grille de la même lampe. L'accord des circuits s'effectue en écoutant sur la première lampe seule. Les filaments des 3 lampes sont connectés en série, avec un relais de signalisation dans leur circuit d'alimentation. En cas de rupture de celui-ci (un filament coupé, par exemple) le relais n'est plus excité et son armature ferme le contact d'une sonnerie d'alarme en revenant au repos. Le sélecteur comprend 2 relais, un embrayage magnétique et un jeu de contacts actionnés par des cames. Ces cames sont entraînées par l'intermédiaire de l'embrayage magnétique et de pignons, d'une façon analogue à celle d'un moteur synchrone à enroulement fixe. Le moteur est actionné par un diapason à entretien électrique lui assurant une vitesse de rotation constante, même sous de grandes variations de tension de la batterie d'accumulateurs qui l'alimente. Toutes les parties mobiles du sélecteur tournent à des vitesses très lentes qui garantissent une grande sécurité et une longue durée de fonctionnement. J. M.

L'énergie électrique en Italie. (*Elektrotechnik und Maschinenbau*, 10 avril.) — A la fin de l'année fiscale 1925-1926, il y avait en Italie une puissance installée de 3,2 millions de ch (dont 580 000 seulement, avec commande par des moteurs

Digitized by Google

hermiques) qui ont fourni pendant l'année 7600 millions de kw-h; pendant l'année fiscale 1910-1911 les 780 000 ch installés ont produit 1471 millions de kw-h.

Seulement, 1,8 pour 100 de cette énergie a été utilisée pour l'éclairage, le restant a été employé par l'industrie et les chemins de fer. La consommation annuelle moyenne par habitant a passé de 70 kw-h en 1914, à 185 en 1925; dans le nord de l'Italie elle est de 400 à 500 kw-h par habitant.

Les usines thermiques, dans lesquelles est installée une puissance de 580 000 ch, ne travaillent guère que quelques centaines d'heures par an; elles n'ont produit en 1925 que 500 millions de kw-h.

A la fin de 1925, il y avait en Italie 45 000 km de lignes aériennes à haute tension; actuellement 1600 km de lignes, à plus de 100 000 v, sont en construction. F. L.

L'électrification des chemins de fer italiens. — *L'Helios de Leipzig*, le journal allemand qui s'occupe principalement des questions qui intéressent l'exportation de matériel électrique donne, dans son numéro du 7 août, les renseignements suivants sur l'état d'avancement des travaux d'électrification des chemins de fer italiens.

Il y a actuellement en Italie près de 70 000 km de lignes en exploitation, auxquels viendront prochainement s'ajouter les 700 km de lignes en construction.

Sur ces lignes, 900 km sont exploités électriquement, notamment les lignes de Gênes à la Spezia, de Gênes à Voghera, de Gênes à Alexandrie, Turin et Modane, de Gênes à Savona, de Domodossola à Iselle, de Lecco à Sondrio et de Naples à Pouzzoles. Les travaux d'électrification sont en cours actuellement sur 726 km.

Dans le programme d'électrification, de 3000 km, qui doivent être achevés avant 1836, notamment la ligne de Bozen au Bienner et d'autres lignes aboutissant à des ports.

L'énergie électrique servant à la traction provient d'usines hydro-électriques appartenant aux chemins de fer de l'État et d'usines appartenant à des entreprises particulières.

Parmi les usines des chemins de fer de l'État, on peut citer celles de Bardionnèche, Morbogno, Gênes, Savone et Torre del Lago.

Les principaux fournisseurs de l'énergie électrique aux chemins de fer sont la société Edison, la société Negri, M. Maisa, les usines électriques municipales de Turin et la Società Meridionale.

Les électrifications des chemins de fer a donné une grande impulsion à la construction des usines électriques; il y a actuellement en projet plus de 70 usines, qui seront construites en utilisant des capitaux américains déjà assurés; les diverses sociétés de distribution d'électricité italiennes disposent déjà d'un capital américain de plus de 50 millions de dollars. On utilisera les chutes de la Haute Italie et des Alpes et on construira dans la Péninsule de grands barrages et on y créera des lacs artificiels. F. L.

Émission radiotélégraphique à grande vitesse. (*Radio Revue*, juillet 1927.) — M. de Trokoza signale, dans notre excellent confrère *Radio-revue*, un dispositif très ingénieux, adopté sur les émetteurs système Marconi, permettant une transmission radiotélégraphique à grande vitesse, sans faire varier la charge de la source d'alimentation du poste.

A cet effet, l'ensemble comporte deux lampes de plus que celles strictement attribuées à l'émetteur lui-même, qui ne présentent par ailleurs aucune originalité très particulière. De ces deux lampes, l'une commande l'amorçage de l'émetteur, l'autre absorbe la charge de la source d'alimentation du poste. Un manipulateur à double contact commande soit l'une, soit l'autre de ces lampes, en appliquant une tension convenable à leurs circuits de grilles respectifs.

Ces tensions sont fournies par un ensemble redresseur thermoionique fournissant de 800 à 1000 v; ce dispositif permet une manipulation très rapide sans étincelle aux contacts du manipulateur qui ne fait qu'appliquer des tensions de grille sous une intensité de l'ordre du milliampère, grâce à des résistances convenablement disposées dans ces grilles. Les lampes constituent le véritable interrupteur du système. Le circuit d'absorption de charge aux périodes de repos est appelé « backload ». J. M.

Nouvelle station radiotélégraphique Hongroise. (*The Electrical Review*, 26 août 1927.) — Les autorités postales Hongroises ont récemment passé commande, à la Compagnie Telefunken Gesellschaft, de Berlin, de l'équipement nécessaire à une station d'émission de grande puissance qui doit être installée à 10 km environ de Budapest. L'antenne sera portée par deux pylônes de 165 m de hauteur, distant de 325 m, dont le montage est déjà commencé. L'inauguration de cet émetteur est prévue pour 1928. J. M.

Téléphonie à longue distance en Russie. (*The Electrical Review*, 26 août 1927.) — Les autorités de Mukden, d'une part, et des Soviets de l'autre, ont conclu un accord pour la réalisation d'une ligne téléphonique entre Harbin et Chita, et Harbin et Vladivostock. La dépense totale envisagée est de l'ordre de 1 500 000 livres anglaises, elle sera supportée en parties égales par les deux intéressés. Un câble téléphonique Berlin-Moscou est aussi envisagé. Les travaux d'installation commenceront en automne. J. M.

La nouvelle station radiotélégraphique à grande puissance de Daventry. (*The Electrical Review*, 26 août 1927.) — Les essais de la nouvelle station de radiodiffusion à grande puissance (5 G. B) de Daventry (50 kw), ont eu lieu fin août dernier sur une fréquence de 610 kilocyles par seconde (491,8 m de longueur d'onde).

La transmission est bonne, et la reproduction en haut-parleur, à 12 km à l'ouest du poste de 2 LO est de qualité équivalente à celle de l'émission de Londres, et plus puissante que celle du poste à grande longueur d'onde de Daventry. Ce nouveau poste n'est situé qu'à quelques centaines de mètres de distance de l'émetteur de Daventry (5 XX). Il utilisera, en premier lieu, 2 antennes en « T » supportées par 4 mâts de 56 m de hauteur.

Deux mâts de 110 m de hauteur seront élevés par la suite dans des buts d'expérience. L'émetteur a été conçu et construit entièrement par les soins des ingénieurs de la BB Corporation, qui l'ont laissé sous sa forme expérimentale, remettant à plus tard une fabrication définitive. Toute la machinerie a été prévue largement, ce qui confère à l'ensemble une grande souplesse.

Les circuits d'émission diffèrent de ceux des autres stations de la B. B. C. en ce que la modulation est effectué à puissance relativement faible, l'onde modulée étant ensuite amplifiée dans un amplificateur de puissance à lampes refroidies par circulation d'eau.

La longueur d'onde de l'oscillateur principal est maintenue rigoureusement constante et protégée contre toute perturbation extérieure. Les tubes modulateur et oscillateur à faible puissance sont du type normal à globe de verre. Les anodes de lampe de puissance sont alimentées d'une part, par un groupe moteur-générateur débitant sous 10 000 v, et d'autre part, par un banc de six valves de redressement, refroidies par circulation d'eau, travaillant directement sur le réseau et débitant sur les anodes, à travers un filtre, sous 10 000 v également; les deux dispositifs fonctionnent en parallèle sur les plaques des lampes de puissance. Cet arrangement particulier a été adopté uniquement à titre d'essai. J. M.

Digitized by Google

CONDUCTEURS CREUX
POUR
RÉSEAUX AÉRIENS A TRÈS HAUTE TENSION

M. M. F. Dahl, ingénieur en chef de la Société Brown-Boveri et Cie dans une étude sur les conducteurs creux utilisés dans les réseaux aériens à très hautes tensions (220 000 à 580 000 v) montre qu'un conducteur composé d'une couche unique, sans support intérieur, est préférable au conducteur creux à double couche, avec support central; il présente une résistance plus grande, exige moins de matière, offre une surface plus lisse et sa pose est plus facile et plus économique.

Au fur et à mesure que la tension d'exploitation augmente afin d'éviter les pertes par effet corona, on doit soit augmenter considérablement la distance entre conducteurs, soit accroître le diamètre extérieur de ceux-ci. L'augmentation de la distance entre conducteurs forcerait à accroître de beaucoup la hauteur des poteaux et entraînerait des frais considérables, de sorte qu'en pratique, il faut augmenter le diamètre extérieur des conducteurs.

Pour la tension de 100 000 v, en employant des conducteurs en aluminium, qui à résistance égale ont un diamètre plus grand que ceux en cuivre, on a pu utiliser des câbles ordinaires; mais pour des tensions plus élevées, afin de ne pas avoir des sections, et par conséquent un poids trop considérable, on est obligé d'employer des conducteurs creux.

Plus la distance de transport est grande, et plus la puissance à transporter est élevée, plus la tension doit être considérable, quand on veut rester dans de bonnes conditions économiques.

M. Dahl indique d'abord les limites pratiques de la possibilité de l'emploi d'une transmission à 110 000 v et où doit commencer l'emploi judicieux de la tension de 220 000 v et au-dessus.

Pour une canalisation double à 110 000 v, constituée par 6 câbles en cuivre de 185 mm² de section et une distance de transport de 150 km, en admettant une perte de tension de 10 pour 100, la puissance apparente maximum que l'on peut transporter est de 50 000 kv-a; on peut l'augmenter un peu en utilisant, le long de la ligne, des survolteurs.

On peut dire que la limite pratique pour une canalisation simple de 110 000 v, avec une distance de 200 km, entre la station génératrice et le lieu d'emploi est de 20 000 à 25 000 kv-a.

Dans les cas où la distance de transport ou bien la puissance à transporter sont plus considérables, même au point de vue de la réduction des frais d'installation on a avantage à employer une tension plus élevée, car il faut considérer que la construction d'une ligne à 220 000 v est plus économique que celle de plusieurs lignes à 110 000 v, disposées en parallèle.

Comme exemple M. Dahl a calculé les frais d'installation du transport d'une puissance de 60 000 kv-a, à une distance de 400 km, en admettant à peu près les mêmes pertes en ligne; il arrive à la conclusion que la canalisation à 110 000 v revient à 34 millions de marks-or (le mark-or vaut 1,25 franc-or) et celle à 220 000 v à 15 millions de marks, soit à 19 millions de marks moins cher. D'autre part il faut considérer que les sous-stations à l'air libre, pour une tension de 220 000 v, coûtent environ 4 millions de marks de plus que celles à 110 000 v, de sorte que l'économie d'installation totale pour la ligne à 220 000 v est de 15 millions.

La pratique a montré que la sécurité d'exploitation augmente avec la tension, et il semble que pour une

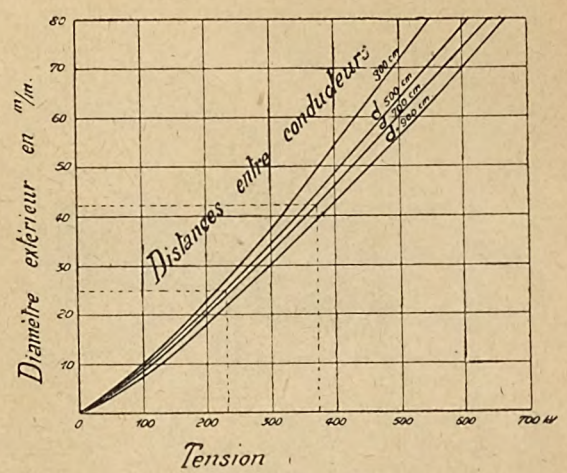


Fig. 1.

Courbes de Peek de la distance entre conducteurs en fonction de la tension en kilovolts.

canalisation à 220 000 v, on peut se contenter d'une seule ligne à 3 conducteurs. Si l'on veut cependant être assuré d'une sécurité plus grande, on peut installer un quatrième conducteur en réserve (comme on l'a fait en Suède pour des lignes à 110 000 v), ou bien, comme l'a fait la Société Brown-Boveri et Cie, remplacer le conducteur de l'une des phases, par deux conducteurs, ayant chacun la moitié de la section nécessaire.

Pour des tensions de 220 000 v et au-dessus, on ne peut plus employer que des conducteurs creux, ainsi qu'il ressort des courbes de Peck (fig. 1), qui donnent, pour des diverses distances entre conducteurs, le diamètre extérieur à adopter, suivant la tension, afin d'éviter des pertes par rayonnement ou effet corona; par exemple, pour un écartement de 7 m entre conducteurs, le diamètre extérieur doit être de 25 mm pour 220 000 v et de 42 mm pour 380 000 v.

C'est en Amérique que l'on a d'abord utilisé des conducteurs creux, ceux-ci comportant deux couches de fils plats en forme de segments, enroulées en sens inverse

(1) *Bulletin n° 7 de l'Association suisse des électriciens.*

Digitized by Google

avec un dispositif intérieur. Les sections des fils conducteurs étaient choisies de manière que la section de la couche extérieure soit beaucoup plus faible que celle de la couche intérieure. Le dispositif intérieur est constitué de diverses manières, par des rubans métalliques, avec profil en forme de croix tordus autour de l'axe du câble, par des rubans gaufrés également tordus autour de l'axe. Les usines électriques rhénanes westphaliennes ont utilisé, comme dispositif intérieur, une spirale de cuivre, ayant une section en forme de T (fig. 2).

M. Dahl fait les objections suivantes à propos de ce mode de construction. Les fils plats excercent toujours une pression sur le dispositif intérieur, car il faudrait, pour que cela ne se produise pas, que les sections de ces fils soient mathématiquement égales.

Il est pratiquement impossible, lors de la pose, d'obtenir des efforts de traction égaux dans les fils des deux couches; cette difficulté est encore accrue par suite des variations de forme du dispositif intérieur, de sorte que ce dernier exerce des efforts différents sur les divers fils, complètement indépendants les uns des autres.

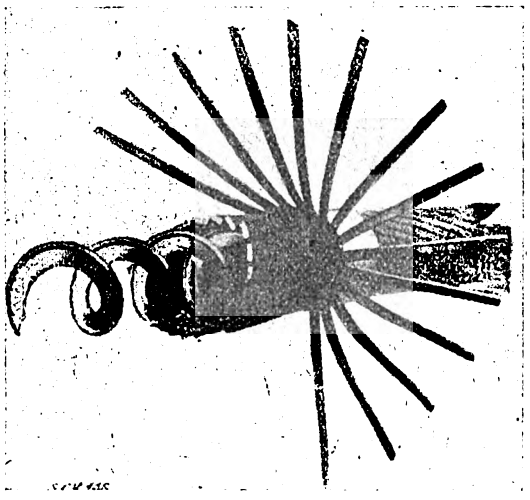


Fig. 2.
Spirale de cuivre formant le conducteur.

On peut reprocher, en outre, au genre de conducteur creux, avec dispositif intérieur, d'être très difficile à fabriquer et par conséquent coûteux.

Le conducteur creux idéal serait un tube étiré, si on pouvait l'obtenir en longueurs suffisantes et s'il pouvait être commodément posé.

Les services techniques de la Banque des métaux de Francfort ont étudié la construction de conducteurs creux, sans dispositif intérieur. Ils ont tout d'abord établi des conducteurs à deux couches, l'intérieure étant formée par des fils plats en forme de segments, assemblés par tenons et mortaises, de manière à constituer un cylindre creux. Sur cette couche était enroulée, en sens inverse, une seconde formée également de fils plats, sans tenons ni mortaises.

L'inconvénient était que l'on ne pouvait obtenir des tensions absolument égales dans les deux couches, lors de la pose, de sorte que l'on a finalement adopté un conducteur consistant en un cylindre creux, formé de fils en forme de segments enroulés en spirale et assemblés entre eux par tenons et mortaises (fig. 3 et 4).

On a reproché aux conducteurs de ce genre d'être soumis à des efforts de tension, de sorte qu'ils sont difficiles à dérouler du tambour de la pose, mais en choisissant judicieusement les sections des fils, le pas de l'hélice qu'ils constituent et la forme des tenons et mortaises d'assemblage, on arrive à supprimer cet inconvénient.

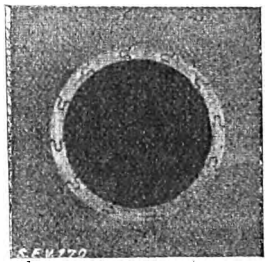


Fig. 3.
Conducteur creux formé de fils assemblés, vu en coupe.

Ces conducteurs creux, formés de 12 fils, peuvent être enroulés sur des tambours en bois, qui sont transportés dans des wagons ordinaires, et peuvent être déroulés, pour le montage, sans difficulté et sans que leur profil soit altéré.

On a procédé à l'école supérieure technique de Darmstadt à des essais comparatifs sur des conducteurs creux avec dispositif intérieur et des conducteurs creux du type décrit, à une seule couche et constaté la supériorité de ce genre de conducteur creux, qui offre principalement une plus grande résistance aux efforts exercés perpendiculairement à l'axe; ce dernier avantage est très important pour le montage des lignes.

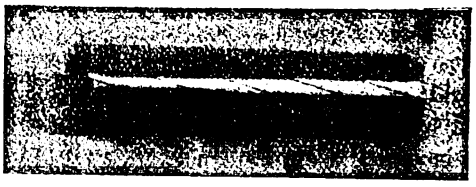


Fig. 4.
Conducteur creux vu en long.

La Société Brown-Boveri et Cie fait procéder à des essais pratiques des conducteurs creux de la banque de Francfort; ces essais ont donné d'excellents résultats.

On est en train de procéder à des mesures de vibrations qui se produisent dans ces conducteurs de fortes sections sous l'action du vent; vibrations, qui, à la longue, peuvent entraîner la rupture des conducteurs et des isolateurs. Dans ces essais, qui ne sont pas encore terminés, on a constaté que les vibrations, qui dépendent de la force du vent, présentent des nœuds fixes, ont une amplitude de $\pm$ 2 mm et une fréquence égale à 5, et se produisent principalement dans le sens vertical.

Digitized by Google

A ces vibrations transversales, correspondent des variations dans la tension du conducteur dans le sens de son axe ; on a constaté aux points d'attache des variations de la grandeur de la traction exercée, de fréquence analogue à celle des vibrations transversales. Ces différences de traction sont du reste peu importantes, de sorte qu'elles ne peuvent être mesurées que lorsqu'il y a de fortes vibrations transversales. L'effort de traction étant de 2800 kg, en moyenne, les différences en plus ou en moins étaient au plus de 50 kg.

Ces variations d'effort, de traction répétées, peuvent certainement fatiguer des isolateurs et conducteurs et provoquer, à la longue, leur rupture.

Outre la plus grande facilité de construction et de pose, un conducteur creux à une couche, à section conductrice égale, pèse de 0,5 à 0,6 kg de moins qu'un conducteur avec dispositif intérieur. F. L.

LA TECHNIQUE MODERNE
DES
APPAREILS DE MESURE
POUR
COURANTS ALTERNATIFS

(*Suite et fin*[1].)

Voltmètres électrostatiques. — A l'exception des laboratoires, le voltmètre électrostatique ne trouve pas d'application pour les mesures des tensions faibles. Jusqu'à 7000 v, environ, on lui préfère le voltmètre à fer doux travaillant sur un transformateur de potentiel. Aux tensions plus élevées, le voltmètre électrostatique présente un très net avantage de prix, et de maniabilité.

Pour un même couple, correspondant à la déviation totale de l'appareil, l'écartement des plateaux d'un voltmètre électrostatique varie proportionnellement à la tension appliquée ; la tension disruptive entre conducteurs alimentés variant dans le même sens, il semblerait que la règle de construction de ces appareils soit simple. Cependant, dès que l'un des conducteurs possède un profil à angles vifs (le plateau mobile du voltmètre électrostatique, par exemple) la décharge entre eux se produit pour une tension très inférieure à la tension normale de rupture correspondant à leur écartement. C'est ainsi que pour des tensions supérieures à 5000 v de courant continu, ce claquage se produit bien avant que la tension disruptive normale soit atteinte, ce qui est inadmissible, car, non seulement les indications de l'appareil seront faussées, mais encore l'ozone libérée détériorera les organes internes du voltmètre. En outre, une fois amorcée la décharge persistera.

Emploi de condensateurs en série. — Pour les raisons précédentes et pour des garanties de sécurité, il est préférable d'intercaler des condensateurs en série avec les voltmètres destinés à des tensions supérieures à 5000 v (1). Il est alors important de ne pas dépasser la tension de claquage, car alors la capacité propre de l'appareil serait modifiée en même temps que la répartition des potentiels dans le circuit de mesure. A cet égard, et pour tenir compte de l'incompatibilité entre les tensions de claquage et disruptive normale, il convient de ne pas dépasser 3000 v aux bornes du voltmètre lui-même, pour la déviation totale de son équipage mobile.

La figure 1 donne le montage schématique de l'ensemble, dont un pôle est relié à la terre. On y remarque

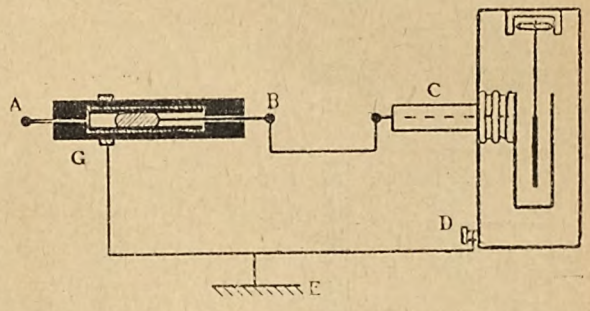


Fig. 1.
Extension de la limite supérieure d'emploi du voltmètre électrostatique par adjonction de condensateurs en série avec lui.

que la moindre fuite, entre les bornes A et B du condensateur, diminue l'impédance de celui-ci et force les indications du voltmètre. Un anneau de garde G, réuni à la terre, élimine cette source d'erreur, mais toute perte de la part de l'isolateur C, extérieurement ou intérieurement au boîtier, ou de la part de la borne B, par rapport à l'anneau de garde, abaisse les indications du voltmètre. Les soins apportés à la fabrication des isolants, et la précaution de conserver au voltmètre une capacité propre assez élevée, évitent cet inconvénient.

Les pertes de surfaces varient considérablement avec les divers isolants. Il semble que la micanite soit le meilleur des matériaux à utiliser ; sa faveur serait due à l'hétérogénéité de sa surface qui présente un aspect craquelé, et à la gomme laque qu'elle renferme dont l'emploi remonte à l'utilisation de l'électrophore.

A l'exception de certaines catégories de porcelaine qui supportent des tensions de 20 000 v, la plupart des types de cet isolant laissent passer des intensités de 50 microampères, sous 10 000 v, à travers des fêlures ou des défauts internes, invisibles en surface. Convenablement étudiés, les condensateurs doivent pouvoir supporter jusqu'à 30 000 v. Leur limite supérieure de tension est

---

(1) Voir *L'Industrie électrique* n° 844 du 25 août 1927, p. 365.

(1) *The Institute of Electrical Engineers.* Lieutenant-colonel K. Edgcumbe et J. Ockenden, juin 1927.

Digitized by Google

donnée par le fait que plus celle-ci est élevée, plus leur valeur de capacité doit être faible (en supposant constante la capacité propre du voltmètre) et, par conséquent, plus l'influence d'une fuite sera sensible.

La mise à la terre de l'un des pôles du circuit évite les effets de variation de capacité entre les plateaux et le boîtier métallique de l'appareil de mesure, ou entre les plateaux et la terre, ou d'autres conducteurs, si le boîtier est isolant.

Des voltmètres de ce type permettent des lectures jusqu'à 250 000 v, par rapport au sol et 500 000 v, sans prise de terre ; mais ils exigent alors les précautions suivantes : 1° Anneaux de garde pour une répartition uniforme du potentiel à travers les diverses capacités. 2° Courants de fuite négligeables par rapport au courant de capacité. 3° Pertes diélectriques négligeables dans les condensateurs. 4° Aucun claquage entre les surfaces des condensateurs ou du voltmètre, et la terre.

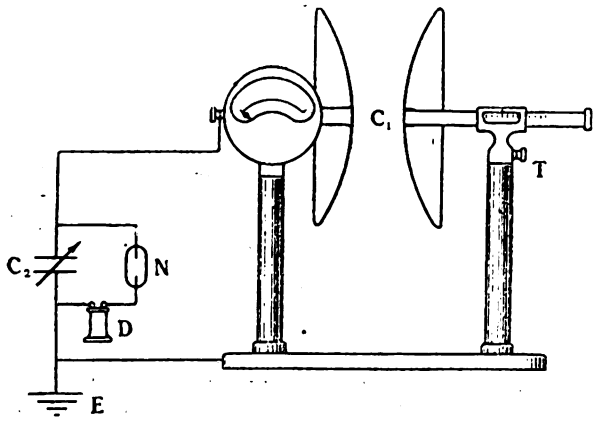


Fig. 2.
Mesure des pointes de haute tension par voltmètre électrostatique et tube au néon.

Voltmètre électrostatique à diélectrique air et connexion directe. — Par suite du diélectrique air, ce type d'appareil n'introduit aucune erreur due à la fréquence, à la forme de l'onde de tension, à la température, à la mise à la terre d'une borne quelconque. Il convient jusqu'à des tensions supérieures à 500 000 v.

L'air est le seul isolant dont les caractéristiques diélectriques ne varient pas. On utilise, en laboratoire, des voltmètres électrostatiques de ce genre avec de l'air ou, mieux encore, de l'azote sous pression, qui donnent des tensions de rupture de 200 000 v par cm. L'action de ces appareils est électro-dynamique, en sorte que tous les organes peuvent être logés dans la chambre de pression, l'élément électrostatique étant ramené au zéro par variation d'intensité dans la partie électro-dynamique.

Mesure de pointes à hautes tensions. — La méthode la plus simple consiste à utiliser des tubes au néon. On sait qu'un tube au néon, amené à son point d'impédance minima, se laisse traverser par une tension de valeur remarquablement constante, très indépendante des conditions de fréquence, température, etc.

La figure 2 montre l'application de ce principe à un voltmètre électrostatique à air, pour très hautes tensions, du type Abraham, ou autre.

Le voltmètre lui-même constitue l'une des capacités C avec laquelle est monté, en série, un condensateur variable à air C_2, qui comporte un tube au néon en dérivation à ses bornes.

La pointe de tension à mesurer est appliquée entre l'armature T et la terre; la valeur de la capacité C_2 est ensuite réglée jusqu'à ce qu'apparaisse le décharge à travers le tube au néon. Si cette tension de décharge du tube V_N est connue, la pointe de tension V_p appliquée est fournie par :

$$\frac{V_p}{V_N} = \frac{C_2 + C_1}{C_1} \qquad V_p = V_N \left(\frac{C_2}{C_1} + 1\right).$$

Pratiquement, le condensateur C_2 comporte une graduation qui donne V_p par lecture directe. L'intensité à travers C est nécessairement faible, en sorte que, à moins d'opérer dans l'obscurité, le claquage du tube au néon est difficile à observer à l'œil nu ; mais un détecteur et un téléphone branchés suivant la figure permettent des mesures précises.

Protection des voltmètres électrostatiques contre les surtensions. — La protection de ces appareils par fusibles est absolument illusoire. Elle n'est efficace qu'au moyen de grandes résistances intercalées sur chaque fil d'amenée de courant. L'intensité de capacité de ces appareils est si faible (50 micro-ampères environ aux fréquences industrielles) qu'une résistance de plusieurs mégohms n'a pas d'effet appréciable sur leurs indications s'ils sont correctement établis, avec un écartement suffisant entre plateaux. Si des claquages se produisent entre ceux-ci, l'intensité dépasse considérablement sa valeur normale, et la chute de tension dans les résistances de protection introduit des erreurs de lecture sensibles. Ces résistances sont généralement constituées par des bâtonnets de carbone, agglomérés avec d'autres substances qui augmentent leur résistance spécifique. Il est important que leur valeur soit indépendante de la température et de la tension.

Appareils thermiques pour la mesure des intensités en haute fréquence. — Il est généralement admis que les appareils de mesure thermique, à fil chaud ou à thermo-couple, sont également étalonnés pour courants alternatif ou continu. Cette affirmation demande à être justifiée en ce qui concerne les courants à haute fréquence.

En ce qui concerne l'appareil à fil chaud, l'erreur est limitée à l'accroissement de résistance du fil, due à l'effet Kelvin ; pour de faibles conducteurs, cet effet est négligeable. Un fil unique, prévu pour une intensité de 3 amp. par exemple, donne une erreur inférieure à 1 pour 100 à la fréquence 5×10^6 per : sec. Pour des intensités supé-

Digitized by Google

rieures à 5 ampères, le diamètre du fil devient important, et son action paresseuse ; il est préférable de monter deux fils en parallèle, et de n'en relier qu'un seul à l'aiguille mobile.

Il est important que l'intensité se répartisse également entre les deux fils, pour toutes les fréquences. Dans ce but, ceux-ci seront parallèlement, et occuperont des positions symétriques par rapport aux conducteurs d'amenée et de sortie de courant,

Pour des intensités supérieures à celles que peuvent supporter deux fils d'un diamètre raisonnable, on adopte généralement un réseau de plusieurs fils disposés sur la circonférence d'un cylindre (enroulement en cage) et dont l'un seulement agit sur l'aiguille de l'appareil. Si les conducteurs d'amenée et de sortie de courants sont exactement dans l'axe du cylindre, la distribution d'intensité dans les filaments sera uniforme aux fréquences radioélectriques, et, si les résistances ohmiques de tous ces fils sont identiques, les indications fournies par l'appareil resteront indépendantes de la fréquence.

Ces deux conditions sont extrêmement difficiles à réaliser, car les conducteurs extérieurs ou intérieurs formeront inévitablement un cadre ; les fils les plus près du centre de ce cadre supporteront plus d'intensité qué les autres, en sorte que, non seulement les lectures seront faussées, mais certains fils risqueront d'être surchauffés.

Pour assurer une égale répartition de courant sur les fils, il est possible d'introduire concentriquement, l'un à l'intérieur de l'autre, les deux conducteurs, au milieu de la cage formée par les fils, et dans son axe. Mais la difficulté d'égale résistance entre les fils subsiste encore avec celle de la construction de la cage et l'impossibilité d'éviter l'inertie thermique de l'ensemble, sous peine d'employer un grand nombre de fils fins, et une grande dépense d'énergie dans le shunt de l'unique fil actif. La chaleur dégagée à l'intérieur du boîtier de l'appareil entraîne des doutes sur la vraie position zéro de l'aiguille et les courants de convection dans ce boîtier le rendent sensible à des variations d'inclinaison.

Dans une disposition dite « sans shunt », un seul fil est divisé en trois ou cinq sections parallèles ; le courant y arrive et en sort au moyen de connexions flexibles reliées au fil en des points appropriés. Ce système s'est montré très heureux pour les mesures aux fréquences industrielles ; il permet l'emploi d'un fil relativement fin, entièrement actif, réduisant la consommation. Mais, aux fréquences radio-électriques il est extrêmement difficile de rendre parfaitement symétriques les différentes sections du fil.

D'une façon générale, des intensités haute fréquence de l'ordre de 6 ampères peuvent s'obtenir par mesure directe avec une précision suffisante. Au delà, il est grandement préférable d'opérer par l'intermédiaire de transformateurs d'intensité. On construit aujourd'hui de ces appareils pour 1000 ampères et plus, dont la précision est constante sur toute l'échelle. Leur consommation est faible ; ils peuvent être fixés dans des positions difficiles à donner à des appareils à lecture directe.

Le moteur synchrone dans les dispositifs à temps. — L'entraînement électrique par moteur synchrone des mouvements d'appareils de mesure enregistreurs est extrêmement intéressant. En 1919, M. Warren a présenté un moteur particulièrement adapté à ce but ; il est représenté schématiquement figure 3. L'électro-aimant A, à tôles laminées, porte un enroulement B et deux bagues CC formant deux spires en court-circuit qui fournissent un champ tournant dans l'entrefer.

Ce champ entraîne un disque d'acier D, par phénomène d'hystérésis, et non par courants de Foucault ainsi que l'on serait tenté de le croire. La vitesse de ce disque augmente jusqu'au synchronisme, quand des pôles

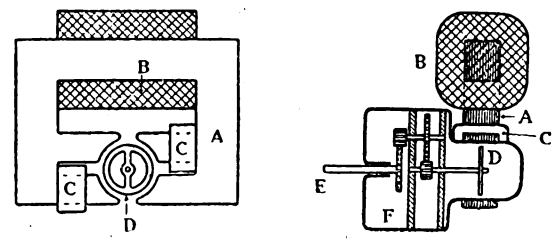


Fig. .
Moteur synchrone. Type Warren.

nord et sud sont induits en certains points de sa masse ; la force coercitive est si importante qu'une énergie notable est nécessaire pour le faire décrocher. Le disque entraîne l'arbre E à travers une démultiplication telle que cet arbre accomplisse une révolution complète par minute.

Toutes les parties mobiles sont placées sous un capot étanche F, et dans l'huile. Le moteur et son capotage sont instantanément amovibles pour les cas de remplacement éventuels.

L'encombrement de l'ensemble est réduit à

$$5 \times 6{,}25 \times 6{,}25 \text{ cm}$$

et la puissance absorbée à 3 w sous un facteur de puissance d'environ 0,4. Le couple à exercer sur l'axe E pour décrocher le moteur du synchronisme est de 500 gr-cm, soit environ 1000 fois plus élevé que celui d'une minuterie à ressort puissant, prévu pour huit jours de marche.

Avantage d'une normalisation de la fréquence. — La régularité de rotation de l'arbre E est évidemment liée à celle de la fréquence d'alimentation. Les fluctuations momentanées sont sans grande importance tant que reste constante la fréquence moyenne. Cette constance est assurée, à la station centrale, par une horloge de précision combinée à un moteur synchrone. Les aiguilles des deux mécanismes peuvent alors être montées concentriquement sur le même axe d'un cadran où leur différence de phase pourra être lue à tout instant. Par l'observation de ce déphasage, le préposé à la surveillance de la centrale,

Digitized by Google

peut agir dans le sens convenable, sur la vitesse du générateur.

Il va sans dire que ce moyen de régulation est beaucoup plus précis que par l'emploi d'un fréquencemètre. Il est pratiquement facile d'évaluer la fréquence moyenne évaluée en fonction du temps, avec une erreur totale journalière maxima de 15 secondes, ce qui correspond à une précision de 1/50 de 1 pour 100 pour un fréquencemètre.

En dehors de son intérêt pour les dispositifs à temps, la constance de la fréquence doit être recherchée pour d'autres raisons. Elle est un facteur de production essentielle dans certaines industries, comme le textile, par exemple, où le débit dépend du maintien d'une vitesse

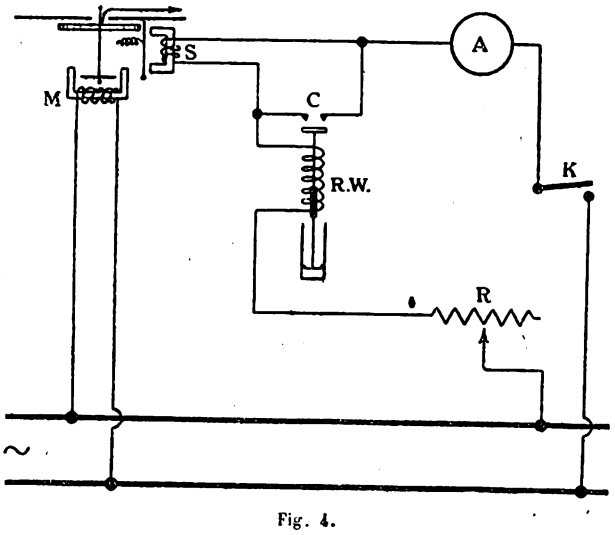


Fig. 4.
Emploi du moteur synchrone pour l'essai des relais à action différée.

motrice minima qui ne peut être dépassée sans inconvénient pour la qualité de la fabrication.

Le cas est le même dans les papeteries. La constance de la fréquence d'alimentation est le moyen le plus précis d'assurer la constance de rotation des moteurs.

Cette question est encore de grande importance pour la mise en parallèle de plusieurs tronçons d'un même secteur.

Avec une fréquence de normalisation unique, le champ d'application des moteurs à temps s'ouvre considérablement. Pour les appareils de mesure, enregistreurs et de demande maxima, l'intérêt est évident; mais il est peut-être plus utile encore pour les dispositifs de commutation différée où les minuteries habituelles doivent être d'une précision rigoureuse, et les questions d'enroulements et de régulation très poussées. Ces aléas disparaissent complètement si les commutateurs différés sont commandés par moteurs synchrones. Les États-Unis sont déjà très engagés dans cette voie; les distributeurs d'énergie conseillent vivement cette méthode à leur clientèle, jusque pour les simples horloges domestiques. Des dispositifs travaillant à facteur de puissance 0,4 sous un facteur de charge de 100 pour 100 sont très intéressants au point de vue consommation.

Mesure des courts intervalles de temps par le moteur synchrone Warren. — Le moteur synchrone type Warren a été employé avec succès pour la mesure des intervalles de l'ordre de 1/20 seconde dans la construction des dispositifs à temps agissant sur des relais, des interrupteurs, des intégrateurs, etc.

Le moteur (fig. 4) entraîne une aiguille à la vitesse constante d'une révolution par seconde; pour une fréquence de 50 per: sec la démultiplication est donc de 1/50.

Un index, entraîné par friction dans le mouvement de cette aiguille, est normalement maintenu au repos par un embrayage électromagnétique excité par solénoïde. La figure 4 illustre le principe appliqué aux essais d'un relais à effet retardé. M est le moteur synchrone, S le solénoïde d'embrayage, RW l'enroulement actif du relais différé en essai, qui se trouve connecté à la source d'alimentation à travers une résistance de réglage R, K un commutateur, et A un ampèremètre. La fermeture de l'interrupteur K excite le relais et met les aiguilles du moteur en mouvement. Dès que les contacts C du relais sont fermés, la bobine S est mise en court-circuit, et l'aiguille de temps est stoppée; son déplacement sur le cadran donne exactement l'intervalle de temps qui a séparé l'excitation du relais et la fermeture de ses contacts.

L'inertie des organes d'embrayage est si faible et l'action du solénoïde est relativement si puissante, que l'opération de l'ensemble est extrêmement rapide. En outre, si le temps d'embrayage est égal au temps de débrayage, il ne fausse pas les indications de l'appareil.

L'échelle de lecture peut être graduée en cycles ou en secondes; dans ce dernier cas, l'exactitude des mesures est limitée par l'écart de la fréquence par rapport à sa valeur nominale. Pour la mesure des intervalles supérieurs à 1 seconde, il est possible d'ajouter des aiguilles mobiles supplémentaires, faisant 1 tour complet en 20 secondes, par exemple, ou même davantage.

Ce système est probablement le seul qui permette la mesure de temps très courts et très longs. Nous avons suffisamment montré ici l'avantage que présente l'unification des fréquences des réseaux et leur maintien à une valeur constante. Si la première condition tend à être remplie en France il n'en est pas encore de même de la deuxième, cependant il y a lieu d'espérer que l'on y arrivera, car alors on pourra dans chaque maison avoir l'heure exacte avec une pendule à moteur synchrone.

J. M.

Digitized by Google

LE TRAITEMENT DES ANIMAUX PAR LES RADIATIONS ULTRA-VIOLETTES

Une très importante découverte moderne réside dans celle des effets physiologiques des radiations courtes et dans l'action très marquée des rayons ultra-violets sur le métabolisme et sur la croissance des animaux.

C'est une action qui a été très soigneusement étudiée dans certains laboratoires et nous n'y reviendrons pas sans avoir montré, dans ce qui va suivre, l'utilité pratique des résultats déjà acquis dans les laboratoires. En même temps qu'ils font l'objet d'études précises dans les institutions de physiothérapie, ces rayons font leur apparition dans différentes exploitations agricoles ou dans des centres d'élevage, et on les applique même, secrètement, s'il faut en croire le technicien anglais M. R. Borlase-Matthews, dans des centres d'entrainement et de courses, pour irradier de temps à autre les chevaux qu'on désire conduire triomphalement au poteau.

Tout en s'interdisant d'étudier le mode expérimental employé pour cette application de luxe, M. R. Borlase-Matthews consacre, dans l'*Electrical Review* des 20 et 27 mai, deux longs articles à la mise au point de la *technique de l'ultra-violet*, particulièrement en vue des applications que cette technique est susceptible dès maintenant de recevoir en agriculture.

I. — État général de la question.

Le traitement des animaux par l'ultra-violet procède du traitement par insolation naturelle qu on a appelé *héliothérapie*; mais, ainsi qu'il arrive dans beaucoup d'applications réalisant artificiellement des traitements qu'en certaines saisons il est possible de réaliser par voie naturelle, l'efficacité de la méthode artificielle l'emporte ici sur celle de la méthode naturelle.

Tout d'abord, le traitement institué n'est plus subordonné rigoureusement aux conditions saisonnières comme il arrive dans le traitement naturel. En outre, on ne risque pas les effets des fâcheuses insolations si on dispose, pour un traitement artificiel par l'ultra-violet, de moyens sérieux de contrôle et de mesure.

A cet égard, il a été apporté d'importantes contributions aux progrès de l'ultra-violet, aussi bien en Europe qu'aux États-Unis : à Aberdeen par le *Rowett Research Institute*, dans l'état de Kansas par le *Kansas State Agricultural College*, dans l'état de Wisconsin par *Wisconsin College of Agriculture* et dans l'état de New-York par des recherches effectuées au laboratoire de la *General Electric C°*, etc....

De son côté, à East Grinstead, où il possède une ferme modèle que certains de nous ont visitée à l'occasion des congrès auxquels a participé M. R. Borlase-Matthews, ce pionnier de l'électrification agricole a pu vérifier les résultats de divers traitements effectués sur des animaux de ferme et de basse-cour, soit au moyen de lampes à vapeur de mercure, soit à l'aide des lampes à arc, soit enfin à l'aide de lampes à incandescence d'un type spécial.

Déjà, quelques fermiers entreprenants, encouragés par son exemple et par les résultats obtenus à East Grinstead, achètent et utilisent des lampes commerciales susceptibles de fournir des radiations ultra-violettes pour le traitement des animaux.

Avant de passer en revue l'outillage dont on dispose pour de tels traitements, nous rappellerons sommairement les propriétés physiologiques des régions du spectre auxquelles il est fait appel; nous les localiserons, dans l'ensemble du spectre, par l'indication de leurs longueurs d'onde, soit en microns, soit en milli-microns ou Angstroms.

Enfin, l'étude de l'outillage et des résultats actuels sera suivie d'un cours résumé bibliographique, dans lequel nous n'aurons garde d'omettre quelques « descriptions » qui comptent parmi les intéressantes au dire des physiciens actuellement attachés à l'étude des radiations ultra-violettes et leurs effets physiologiques.

II. — Nature et longueurs d'onde des radiations a utiliser.

Le spectre solaire visible comporte, ainsi qu'on le sait, des radiations dont les longueurs d'onde vont de 390 à 770 microns.

Le *micron*, ou millième de mm, étant une unité trop grande pour les plus petites longueurs d'onde, on est amené à adopter, pour la désignation et les mesures de ces longueurs, des sous-multiples parmi lesquels le *milli-micron*, c'est-à-dire le millième de micron ou millionième de mm, et l'*angstrom* qui est le dix-millième du milli-micron et par conséquent le dix-millionème du mm.

Pour compléter les généralités dans le rappel qui précède au sujet des longueurs d'onde qui avoisinent ou composent le spectre visible, on peut dire que celui-ci s'étend de 3900 et 7700 angstroms.

A la suite des rayons rouges du spectre visible, dans la zone invisible de ce spectre, viennent les rayons infra-rouges, qui se classent entre 8000 et 20000 angstroms. A l'autre extrémité du spectre, la zone visible, qui commence par l'ultra-violet, offre des longueurs d'onde décroissantes de 3900 angstroms à 120 angstroms. Après quoi vient la région qui comprend les radiations de Roentgen. Bien avant d'atteindre le seuil inférieur qui sépare des rayons X les radiations ultra-violettes envisagées ici, ces radiations participent déjà des propriétés qui caractérisent les rayons Roentgen au point de vue de l'absorption, c'est-à-dire que de minimes distances interposées entre la source rayonnante et le sujet soumis à l'irradiation suffisent pour déterminer une absorption qui rend l'irradiation particulièrement inefficace.

Digitized by Google

Ce phénomène si marquant de l'absorption par l'air des radiations courtes est prohibitf au voisinage des rayons X, c'est-à-dire aux longueurs d'onde de 120 angstroms, et M. R. Borlase-Matthews considère qu'il demeure appréciable pour des valeurs beaucoup plus élevées que 120 angstroms, par exemple aux environs de 1800 à 1850 angstroms. C'est donc dans la zone intermédiaire, séparant la longueur d'onde 1850 de la longueur d'onde 3900, que se placent les radiations ultra-violettes vraiment efficaces en pratique parce que moins sensibles à l'absorption par l'air que ne le sont les radiations plus petites.

Il y a aussi, pour toutes radiations de cette nature traversant les couches d'air, une absorption marquée due aux poussières et à l'humidité, et ces éléments nocifs existent toujours dans l'atmosphère, et provoquent une absorption marquée, inévitable, lorsqu'on pratique l'irradiation solaire, en raison des épaisses couches d'air que doivent traverser les rayons solaires.

La production artificielle des radiations présente donc, là encore, des avantages marqués sur la production naturelle, non seulement parce que les radiations produites ont à traverser des couches d'air beaucoup moindres, mais parce qu'un choix approprié des sources permet de réaliser un rendement de radiation ayant les longueurs d'onde comprises dans la zone 1800-3900 considérée comme plus efficace pour les traitements désirés.

On devrait s'efforcer de resserrer encore cette zone en vue de réaliser des *effets thérapeutiques les plus marqués, effets qui, d'après* M. R. Borlase-Matthews, *se localiseraient particulièrement dans la zone de radiations allant de* 2300 *à* 2900 *angstroms. La zone supérieure immédiatement voisine* 2900 *à* 4100 *angstroms est beaucoup moins efficace et on doit s'abstenir*, autant que possible, de la rechercher dans la production des radiations courtes destinées au traitement des animaux.

Quand on fait ce traitement par la voie naturelle, c'est-à-dire solaire, la mesure des longueurs d'onde et l'étude des radiations permettent de constater que, *par suite de l'action absorbante de l'atmosphère interposée sur le trajet des rayons solaires, il ne reste guère de radiations courtes importantes qu'entre* 2900 *et* 400 *angstroms, radiations dont les effets sont beaucoup moins utiles que ceux des radiations de la zone* 2300-2900.

III. — Sources de radiations courtes actuellement utilisables.

Les sources actuellement utilisables sont, pour les radiations ultra-violettes :

1° les *lampes à incandescence* a atmosphère gazeuse et à ampoule de verre perméable aux radiations courtes.

2° les *lampes à arc*, dont les qualités sont plus ou moins grandes suivant qu'elles utilisent des électrodes en *charbon pur, charbon imprégné* ou en *tungstène*.

3° les *lampes à vapeur de mercure*, à *ampoule de quartz*, fonctionnant soit dans le vide, soit dans une atmosphère établie sous une certaine pression.

D'une façon générale, l'ampoule doit, pour être perméable aux rayons X, être faite en quartz ou en un verre équivalent, laissant passer les radiations à partir de la limite inférieure de 2700 angstroms. Le verre ordinaire n'a pas les qualités voulues, car on peut considérer comme négligeables les radiations de longueurs d'onde inférieures à 3000 angstroms par lesquelles il se laisse traverser.

Il est complètement illusoire d'instituer le traitement des animaux avec des appareils ne comportant pas les ampoules spéciales désirées.

En outre, l'expérience démontre que même le choix d'un verre parfaitement pénétrable aux radiations désirées ne suffit pas à assurer des résultats permanents, et qu'à chaque instant il faut nettoyer la surface des ampoules à l'aide d'alcool, afin d'assurer du même coup l'enlèvement des poussières et l'élimination de toute humidité.

Entre les trois sources de radiations courtes mentionnées ci-dessus, on ne saurait faire un choix absolu, indépendant des applications désirées et il ne suffit pas de s'en tenir sur leur compte aux quelques généralités que nous allons d'abord faire connaître :

La *lampe à vapeur de mercure* manque d'un certain nombre de longueurs d'onde ayant un effet biologique très marqué, mais présente certaines longueurs d'onde très courtes au voisinage de celles qui sont absorbées par l'atmosphère.

La *lampe à arc à électrodes de charbon*, si elle donne des ondes courtes, est incapable en général de produire celles qui se rapprochent du seuil inférieur de la région désirée.

Quant à la *lampe à électrodes de tunsgtène*, elle offre un spectre qui cesse brusquement au voisinage des 3500 angstroms.

Par les chiffres ci-dessus, on voit que cela ne constitue pas une gène absolue, et l'arc au tungstène est pour cette raison la source qui peut-être donne le plus de satisfaction, son spectre ayant en outre l'avantage d'être continu jusqu'à 2150 angstroms.

D'excellents résultats sont également réalisables à l'aide d'un *arc dont l'électrode positive est en tungstène et l'électrode négative en charbon à âme de tungstène.*

Le *choix d'un réflecteur* exige également un certain soin, car le réflecteur ordinaire, de type argenté, ne réfléchit que 30 pour 100 des radiations ultra-violettes, tandis que le réflecteur au nickel en réflechit 45 pour 100 et le réflecteur au silicium 75 pour 100.

IV. — Lampes a incandescence.

Une lampe demi-watt à verre ordinaire, analogue à celle qu'on emploie pour l'éclairage, ne révèle au spectroscope aucune émanation de rayons ultra-violets à l'ex-

Digitized by Google

térieur de l'ampoule : cela résulte aussi bien des recherches faites au laboratoire d'essais de la General Electric C° d'Angleterre, que des essais faits par M. R. Borlase-Matthews sur des lampes d'éclairage.

Il est heureux qu'il en soit ainsi, car l'éclairage électrique a souvent été décrié, pour des raisons plus ou moins justifiées, et la lampe demi-watt ne serait pas un foyer d'éclairage recommandable si elle pouvait avoir sur la vue les effets physiologiques résultant d'une émanation d'ondes ultra-violettes.

Si, par contre, à l'ampoule de verre ordinaire de la lampe demi-watt on substitue une ampoule de quartz, on obtient une source utilisable pour la génération des rayons ultra-violets.

De telles sources ont été créées en Angleterre à la demande de M. R. Borlase-Matthews, et il en existe maintenant deux types commerciaux, l'un consommant 150 w, et l'autre 300 w.

Leur établissement a d'ailleurs donné lieu à quelques difficultés par suite de l'occlusion des gaz, mais il n'en est plus de même aujourd'hui, et M. R. Borlase-Matthews considère l'utilisation commerciale de ces deux types de lampes comme satisfaisante, tout en indiquant qu'il n'existe encore aucune lampe de moindre intensité.

N'en ayant pas encore étudié le spectre, il ignore si leur utilisation aura des effets physiologiques marqués : il croit même que les effets seront plutôt faibles ou ne seront sensibles qu'après une durée d'exposition assez longue.

L'absence de radiations ultra-courtes dispense même d'employer avec ces lampes les lunettes de protection qui seraient indispensables si elles étaient à haut rendement ultra-violet.

V. — Lampes a arc.

La tension de fonctionnement d'une lampe à arc étant faible comparativement au réseau d'alimentation, surtout en Angleterre où ces réseaux fonctionnent sous 220 v, M. R. Borlase-Matthews recommande de ne pas s'en tenir à un arc unique imposant l'emploi d'une forte résistance en série : il est d'avis qu'on doit éviter de dissiper l'énergie dans une forte résistance, et qu'il est mieux d'utiliser des lampes à 4 électrodes constituant 2 arcs réunis en séries susceptibles par conséquent de fonctionner telles quelles sous 110 v, ou avec une minime résistance seulement sous 220 v.

Suivant la qualité des charbons, imprégnés ou non, et leurs dimensions, on peut établir ces lampes pour des régimes variant de 30 à 45 ampères.

En vue de leur application aux sources génératrices de radiations courtes, on a classé sur le marché anglais, les charbons indispensables dans ce but, en trois catégories :

Charbon A	pour les longueurs d'onde	de 2950 à 3100	angstroms.
— B	—	2900 à 3500	—
— C	—	2400 à 3575	—

Le *charbon A* convient lorsque le rayonnement ultra-violet peut rester faible et doit être utilisé avec une longue durée d'exposition.

Le *charbon B* est déjà plus riche en radiations ultra-violettes, et permet de réduire la durée d'exposition.

Le *charbon C* donne une radiation ultra-violette encore plus pénétrante, et qui réduit cette durée d'exposition au minimum.

Il est curieux de voir que, dans les loisirs que leur laisse la clientèle toujours plus faible des consommateurs de lampes à arc et de charbons pour lampes à arc, les fabricants anglais ont pris intérêt aux applications si nouvelles qui peuvent découler un jour des principes exposés ci-dessus : ils ont ouvert un champ nouveau aux applications de la lampe à arc, et il semble que les lampes à arc de type anglais adaptées par les constructeurs au traitement des animaux, ont déjà reçu quelques applications intéressantes :

Pour le *traitement du bétail dans les fermes et les porcheries*, on emploie des lampes réglables à la main, sans régulateur automatique, convenant parfaitement à des périodes d'exposition de 10 à 15 minutes consécutives.

Plus récemment, on a mis au point des lampes destinées au traitement des *poulets*, et plus particulièrement des *poussins* : C'est encore au type à réglage à main qu'on a donné la préférence, la lampe étant montée sur un châssis portatif, qu'on peut disposer, au-dessus des parcs d'élevage, à l'aide d'un support démontable qu'il est facile de déplacer.

Il est interposé, entre source et sujets traités, un panneau de quartz ou de verre spécial, pénétrable aux radiations courtes, afin d'éviter que les particules incandescentes arrachées des électrodes des lampes ne détériorent l'installation ou ne blessent les animaux.

Si, pour éviter l'addition d'un tel panneau on faisait appel à l'emploi de la lampe en vase clos, on se heurterait, à supposer que ledit vase fût en quartz, aux difficultés d'accès de la surface intérieure, qui probablement se recouvrirait d'un dépôt arraché aux électrodes, dépôt qu'il serait impossible de retirer sans une manutention très compliquée.

VI. — Lampes a arc a vapeur de mercure.

Ces lampes ont la même composition que les lampes ordinaires fabriquées par des constructeurs spécialistes, tels que la Société Anonyme Hewittic en France et la lampe peut être établie à vide ou à pression.

La *lampe du type à vide*, bien connue en France, est enfermée dans une ampoule parfaitement close, et qui ne se prête pas au nettoyage. L'enveloppe est en quartz ou en verre équivalent.

Dans le *type à pression*, l'enveloppe est un tube de quartz assez court, qu'on a soin de ne pas fermer en permanence, afin d'en pouvoir nettoyer l'intérieur après enlèvement d'un bouchon de fermeture amovible.

Pour l'amorçage de la lampe, on vaporise un peu de

Digitized by Google

la masse mercurielle enclose dans l'ampoule, par exemple en dégageant la chaleur nécessaire au moyen d'une bobine d'amorçage.

Dans le type anglais le plus indiqué pour l'application envisagée, on passe un courant de 2 1/2 à 3 ampères en ordre de marche, et dont l'intensité atteint 4 1/2 mpères au moment de l'amorçage de la lampe.

Les lampes à mercure, aussi bien du type atmosphérique que du type à vide, perdent rapidement leur rendement en ultra-violet. Il y a, en effet, formation, à la face interne de l'ampoule, de pellicules absorbantes, qui ne laissent plus passer les radiations.

C'est ici qu'apparaît l'avantage du type dit à pression ou atmosphérique. Après enlèvement du bouchon, on peut en effet détruire la pellicule absorbante formée à la surface intérieure de l'ampoule, en la lavant d'abord à l'acide nitrique concentré, et en la rinçant ensuite avec de l'eau distillée, puis finalement au moyen d'alcool.

Le mercure utilisé pour le remplissage ultérieur de la lampe doit être d'abord filtré soigneusement.

A notre avis on peut douter de l'aptitude ou de la volonté des fermiers auxquels on destinerait ces lampes, et ne pas espérer d'eux le nettoyage attentif qui est nécessaire : c'est cependant une opération importante, qu'il est impérieux de faire au moins toutes les deux mille heures, et plus souvent à intervalle de 500 ou 1000 heures. Si on n'est pas parfaitement sûr de la bonne exécution de ces nettoyages, il est mieux de retourner les lampes au fabricant après 1000 heures de marche, et alors la lampe à ampoule scellée devient l'égale de la lampe à tube ouvert.

VII. — Quelques résultats d'expériences et données bibliographiques.

On constate nettement, en traitant du bétail et en particulier des porcs, les effets marqués de l'irradiation, d'une part sur le sang, et d'autre part sur l'activité des réactions d'absorption de la chaux et du phosphore.

Pendant la période de traitement, l'ossification est donc plus active, par suite de l'absorption plus active de la chaux et du phosphore : Il n'est pas permis de douter de ces résultats, car ils ont été contrôlés avec soin, au moyen d'animaux témoins soumis au même régime que les animaux traités mais ne subissant pas le traitement.

Des spécialistes considèrent que la calcification et la phosphoration actives assurées par l'irradiation sont des avantages particulièrement intéressants pour les jeunes porcs, ces animaux étant particulièrement exposés à la décalcification ou au rachitisme. En été, les symptômes du rachitisme sont relativement rares dans les porcheries, mais on les déclare très fréquents en hiver, et parfaitement évitables aujourd'hui dans tous les cas où on adopte le traitement par l'ultra-violet.

Des expériences faites par M. R. Borlase-Matthews lui-même, il résulte que la lampe à vapeur de mercure, dans la porcherie annexée à la ferme d'East Grinstead n'a pas encore atteint le degré d'efficacité désirable.

Dans les centres d'élevage, pour le traitement des *animaux en lactation*, le même traitement s'est révélé particulièrement précieux pour éviter la décalcification et la déphosphoration qui se produisent dans la première moitié de la période de lactation.

On dispose aujourd'hui de lampes commerciales ayant précisément pour but le traitement des chevaux et des vaches en vue d'éviter la décalcification et la déphosphoration, et M. R. Borlase-Matthews estime que ces lampes ont fait leurs preuves en se prêtant à un traitement efficace, aujourd'hui recommandable dans les centres d'élevage et de production du lait.

Pour la *basse-cour*, le *traitement des jeunes poulets* a déjà fait ses preuves et est entré dans la pratique. L'expérience prouve que, avec des manifestations différentes, ces jeunes animaux subissent la même décalcification que les porcs et présentent de graves faiblesses, par l'effet d'une sorte de rachitisme particulièrement sensible dans les pattes. Un traitement approprié a raison de ce rachitisme.

En traitant les *poules pondeuses*, on arrive à augmenter considérablement leur production en œufs pendant l'hiver.

Non seulement le fait est prouvé par des expériences faites en Angleterre, mais il est corroboré par des rapports officiels de l'*Agricultural University of Wisconsin*, U. S. A. qui a procédé à des essais méthodiques sur des groupes de poules observés comparativement pendant la ponte, *groupes dont les uns étaient soumis à la lumière naturelle, tandis que les autres étaient traités à la lumière superficielle exclusivement.*

A cette différence près, ces groupes recevaient la même alimentation et la durée d'exposition aux rayons ultra-violets d'un des groupes traités artificiellement, était seulement de 10 minutes par jour, mais suffisait pour maintenir l'activité de la ponte pendant tout l'hiver.

Les poules non traitées ne pondaient plus, sans doute par suite d'une décalcification et d'une déphosphoration, bien explicables puisqu'un œuf du poids de 56 gr comporte au moins 3 gr de calcium, que les poules non traitées ne peuvent fournir qu'à la suite d'un processus de décalcification.

Non seulement les œufs des poules traitées sont plus nombreux, mais ils se prêtent beaucoup mieux à l'incubation, ainsi qu'il résulte des expériences faites systématiquement en Angleterre et aux États-Unis.

Si on ne dispose pas des lampes spéciales étudiées ci-dessus, on peut déjà, en certaines saisons, améliorer le métabolisme des animaux de basse-cour en alimentant l'éclairage des parcs à travers des verres de quartz susceptibles de laisser passer des radiations solaires courtes. *Toutefois, pour les raisons indiquées au début de cette étude, le rendement d'un pareil traitement est nettement inférieur à celui d'un traitement artificiel bien conduit.*

Ce dernier traitement paraît seulement échouer lorsque les poules traitées sont de la race noire ; leur plumage

Digitized by Google

paraît alors constituer un écran qui s'oppose à la pénétration des radiations courtes, et par conséquent au principe même du traitement.

VIII. — Opinions et renseignements autorisés.

Dans un ouvrage du Dr Percy Hall, de la *Librairie Heineman*, intitulé *Ultra-violet rays in the Treatment and Cure of Disease*, l'auteur relate les méfaits produits sur la santé des animaux par les hivers prolongés ou les étés sans soleil : il est rendu compte, dans cet ouvrage, d'essais d'irradiation faits au moyen de lampes au tungstène, et qui attestent l'efficacité des traitement ci-dessus.

La maison d'éditions Benn Brothers a également édité sous la signature de MM. Mackenzie King un livre intitulé *Practical Violet Light Therapy*, c'est-à-dire Thérapeutique pratique de la lumière violette.

En dehors des renseignements fournis par de telles publications, on en trouve d'autres dans un fascicule de la *General Electric Review* qui, bien avant les essais ci-dessus, mettait à l'étude les propriétés physiologiques des rayons ultra-violets et en étudiait les manifestations, non seulement au point de vue du traitement par irradiation des animaux, de leur récalcification ou rephosphoration, mais encore au point de vue de la tonification du système nerveux, assurant une meilleure assimilation de la nourriture et un exercice plus régulier des fonctions.

Très exactement, un des auteurs intéressés par la question, M. J. W. Beauchamp, *a déclaré qu'il considérait le traitement ultra-violet beaucoup moins comme une nourriture que comme un apéritif, ce qui indique qu'on ne doit pas isoler un pareil traitement, mais qu'on doit le considérer comme partie d'un ensemble susceptible de conduire au maximum d'efficacite.*

IX. — Traitement par l'ultra-violet des rations données aux animaux.

Au lieu de traiter les animaux eux-mêmes, on traite avec profit les graines ou autres rations qui leur sont destinées. On paraît moins certain des résultats que de ceux qui précèdent et leur technique est moins précise jusqu'à ce jour.

X. — Précautions a prendre au cours du traitement.

La production d'érythèmes, ou brûlure de la peau, s'annonce par une pigmentation qui permet à tout observateur attentif d'éviter l'excès d'irradiation et les accidents qui pourraient en résulter. Il est d'ailleurs très facile, en retenant les lois générales de rayonnement et en tenant compte de la loi de l'inverse du carré de la distance, de faire en sorte que les résultats acquis dans certaines conditions d'expérience soient transférables à d'autres conditions d'essais sans accident possible.

En règle générale, on peut se placer à moins d'un mètre pour traiter les animaux pendant deux fois par jour, pendant 10 à 12 minutes, sans risque de dépasser la dose dangereuse. A. Z.

LA MESURE PRÉCISE ET EXACTE DES LONGUEURS D'ONDE DANS LES STATIONS RADIOTÉLÉGRAPHIQUES D'ÉMISSION

La réception des émissions radioélectriques peut être gênée par des influences parasites diverses, dont l'une des principales est la présence simultanée de plusieurs ondes de fréquences voisines, difficiles ou impossibles à sélectionner nettement les unes des autres. Le problème de la répartition judicieuse des longueurs d'onde aux divers postes émetteurs a été posé déjà. Sa solution peut seule améliorer l'état de choses actuelles, en réduisant les interférences entre stations. Cependant cette répartition tant souhaitée ne saurait avoir de valeur, qu'autant que les diverses affectations seront scrupuleusement respectées quant aux trois caractéristiques suivantes : 1° Fréquence rigoureusement conforme à celle attribuée. 2° Stabilité parfaite de l'onde émise en régime de manipulation ou de modulation. 3° Absence d'harmoniques appréciables.

A la base de la réforme, s'impose donc l'adoption d'un modèle d'ondemètre normalisé, présentant toute garantie de stabilité dans ses indications, et n'étant pas seulement un appareil de laboratoire, mais aussi d'exploitation.

Dans leur article (1), les auteurs, MM. R. Brayard, ingénieur-conseil de Radio-Belgique, et E. Divoire, professeur à l'Université de Bruxelles, font part de leur étude sur ce sujet de réalisation.

Pour éviter le chevauchement des bandes de modulation de deux émissions voisines, les fréquences de leurs ondes porteuses doivent différer d'au moins 10 kilocycles. Or, dans la bande 200-600 m de longueur d'onde, cet écart correspond à des différences relatives de :

2 pour 100	pour l'onde de	600 mètres
1 pour 100	—	300 —
0,66 pour 100	—	200 —

La précision moyenne de 1 pour 100 des ondemètres du commerce est donc insuffisante.

Les défauts de ces appareils sont :

1° Gamme de mesure trop étendue pour faciliter le débouché commercial. Les lectures sont beaucoup trop imprécises ;

2° Manque de constance de l'étalonnage dû à des imperfections mécaniques, en particulier aux condensateurs variables à plaques dont le parallélisme n'est pas parfait. Des erreurs de 2 et 3 pour 100 sont fréquentes ;

3° Amortissement généralement trop grand, dû à la complexité d'appareils universels à grande capacité d'utilisation. Les nombreux organes, connexions, etc., entraî-

(1) *L'Onde électrique*, août 1927.

Digitized by Google

nent des absorptions d'énergie importantes qui nuisent à la précision des mesures et obligent à des couplages trop forts avec l'émetteur, au risque d'en modifier la fréquence propre dans le cas de petites puissances;

4° Protection insuffisante contre les influences électrostatiques extérieures.

La Commission technique de l'Union internationale de Radiophonie saisie de la question, l'étudia sous toutes ses faces et conclut finalement à la proposition suivante :

a) Créer un nouvel ondemètre, stable, précis, exact, couvrant une gamme étroite de fréquences, autour de la principale, et en doter tous les postes émetteurs.

b) Réaliser cet ondemètre par des moyens industriels modernes, en abaissant le prix de revient au minimum.

c) L'étalonner par des méthodes de mesure absolue des fréquences dans un seul laboratoire muni d'un étalon unique de fréquence.

Ces projets furent entrepris à Bruxelles par les soins des auteurs au laboratoire de T.S.F. de l'Université.

Description des appareils. — Les considérations précédentes conduiraient à un dispositif comportant :

1° Un circuit oscillant à inductance fixe, gros condensateur fort, et faible condensateur variable, ces deux derniers étant en dérivation l'un sur l'autre.

2° Un circuit indicateur à couplage très faible avec le précédent, avec lampe à incandescence.

Tous les principes de construction habituels : suppression de masses métalliques importantes; multiplication des isolants, tel que l'ébonite, etc., furent négligés, pour adopter au contraire une constitution métallique robuste, en métal coulé, avec fixation sur panneau épais d'aluminium, les isolants n'intervenant qu'au stricte nécessaire. Les questions de robustesse et d'indéformabilité des organes se trouvent donc résolues — pour le plus grand avantage de la constance d'étalonnage — et de la suppression des effets électrostatiques et parasites. Le métal coulé évite, en outre, les déformations tardives, par travail moléculaire.

Le condensateur variable couvre une gamme de fréquence légèrement supérieure à 50 kilocycles par seconde. Sa valeur est donc comprise entre 5 et 10 pour 100 de la capacité totale pour les ondes comprises entre 200 et 600 m. Le diélectrique air est le seul qui convienne à un faible amortissement. En outre un condensateur constitué par deux cylindres concentriques est de beaucoup préférable à la construction en lames parallèles.

A entrefers variations d'entrefers égaux dans les deux types d'appareils, on trouve, en effet, une variation de capacité deux fois plus forte avec une lame mobile entre deux lames fixes parallèles, qu'avec deux cylindres concentriques. Cette différence s'accroît évidemment en même temps que le nombre des lames, sans effet de compensation possible. En outre le métal laminé dont elles sont tirées est sujet à d'importantes modifications internes. En d'autres termes, des condensateurs de ce genre sont absolument impropres à des mesures précises et constantes dans leurs indications.

Au point de vue réalisation, les condensateurs fixe et variable constituent un organe unique. Les électrodes cylindriques et concentriques sont montées sur un axe fixe et arrêtées dans leur course par deux butées coniques. Le cylindre extérieur de protection est relié à la masse. Le cylindre intérieur fixe est isolé à ses extrémités par des pièces d'ébonite très minces, de section minima, de volume minimum, de longueur de ligne de fuite maxima.

Le cylindre intérieur mobile est monté sur le même axe et constitué par deux quarts de cylindre opposés, reliés à la polarité de la cuve extérieure. Il se déplace devant deux autres quarts de cylindre prolongeant le cylindre intérieur isolé.

L'usinage et le montage autour d'un tel condensateur permet d'obtenir un centrage extrêmement précis, réduit les risques d'excentricité et de déformation ultérieurs et donne à l'ensemble une robustesse précieuse.

L'inductance est constituée par un enroulement de cuivre nu, porté par six bâtons isolants placés aux arêtes d'un prisme hexagonal dont les deux bases sont en forme d'étoiles à six branches, en aluminium, dont la rigidité est assurée par des nervures. Le diamètre et le pas du bobinage ont été calculés pour réduire au minimum la résistance en haute fréquence. Les pertes d'une telle bobine sont à peu près exclusivement localisées dans le cuivre, en sorte que le choix de la matière isolante des bâtonnets de fixation importe peu. Cependant pour des raisons de rigidité mécanique, l'emploi de quartz ou de pyrex semble préférable.

Le circuit indicateur comporte une spire unique en laiton, très épais, parfaitement rigide qui se ferme, soit sur une petite lampe du type 3,5 v, soit sur un élément de couple thermoélectrique du type Allochio et Bacchini avec millivoltmètre à courant continu.

Étude des caractéristiques de l'ondemètre. — Il convenait, en premier lieu, de déterminer la valeur du rapport $\frac{\text{Inductance}}{\text{capacité}}$ à donner à l'appareil destiné aux mesures sur la gamme de longueurs d'onde 200-600 m. Ce rapport fixe le décrément du circuit oscillant pour chaque accord; il donne donc le degré de précision.

Or, le problème se posait comme suit : sur l'intervalle 200-600 m, mesurer une succession d'intervalles de fréquences de chacun 10 kilocycles avec une erreur inférieure à 1 kilocycle.

Pour la fréquence 500 kc : sec(λ=600 m) la précision doit alors être de $\frac{2}{1000}$, tandis que pour 1500 kc (λ = 200 m) elle doit tomber à $\frac{0{,}66}{1000}$. La précision relative ne demande donc pas à être constante tout le long de l'intervalle considéré. C'est, au contraire, une précision *absolue* constante, en fréquence, qui importe. Or, cette condition

Digitized by Google

ne peut être remplie qu'en diminuant la valeur de l'inductance lorsque la longueur d'onde augmente, sa réalisation conduirait à des valeurs extrêmes de capacité, inadmissibles. Il fallut donc se contenter d'une précision *relative*, constante, suffisante dans le cas le plus défavorable (ondes les plus courtes).

En fait, pour un rapport $\frac{L}{C} = 0{,}5$ environ (L en microhenrys, C en microfarads) le décrément logarithmique des divers ondemètres, se maintient entre 0,016 et 0,018.

La détermination du circuit indicateur s'est effectuée comme suit : En partant des équations d'équilibre électrique dans les circuits inducteur et induit, et, en négligeant l'action directe de l'émetteur sur le circuit indicateur (ce qui est rationnel) on tirera l'expression de la résistance équivalente de celui-ci : $R_2 \frac{M^2\omega^2}{L_2^2\omega^2 + R_2^2}$, qui doit être la plus faible possible, en vue d'abaisser l'amortissement du circuit.

Il convient donc d'abaisser M_2 et d'augmenter L_2. Pour R_2 variant de 0 à l'infini, cette expression part de 0, passe par un maximum et revient à 0.

Deux solutions intéressantes sembleraient donc possibles. Mais la nécessité de la constance de l'étalonnage introduit un autre facteur qui est la variation de résistance propre de la lampe qui passe de 4 ohms au rouge sombre à 7 ou 8 ohms au rouge vif, ou les différences inévitables d'un couple à un autre. Il convient donc de déterminer les constantes (R_2, L_2, M) du circuit indicateur, de façon à rendre sa self-inductance équivalente, aussi indépendante que possible de sa résistance.

Des équations d'équilibre, on peut tirer les courbes de la résistance et de la self-inductance équivalente en fonction de la résistance propre, pour diverses valeurs de M et de L_2, et en obtenir l'ordre de grandeur des valeurs intéressantes à choisir. Pour plus de précision, après avoir été tracées théoriquement, ces courbes ont été relevées expérimentalement au moyen d'un voltmètre amplificateur à lampes du type Cambridge et Paul Instruments C° (voltmètre Moullin).

L'examen de ces courbes montre que, pour une spire d'un diamètre de 7,5 cm, une variation de la résistance du circuit indicateur entre 4 et 7 ohms entraîne une variation de longueur d'onde inférieure à 2,5 cm $\left(\frac{1}{10\,000}\right.$ de la longueur d'onde à évaluer$\left.\right)$.

La résistance supplémentaire, introduite dans le circuit de mesure, reste inférieure à 0,15 ohm avec une variation limitée à 0,05 ohm. On est limité dans les valeurs optima à donner à R_2, L_2 et M par la valeur de l'intensité dans le circuit indicateur qui doit rester suffisante pour porter la lampe au rouge sombre.

Méthode d'étalonnage. — Ces ondemètres ont été étalonnés en valeur absolue par une méthode dérivée de l'emploi du multivibrateur Abraham et Bloch. Cet appareil ne donnant pas d'harmonique supérieure au rang 175 ($f = 175\,000$) est remplacé par une hétérodyne à fréquence fondamentale élevée, et dont une deuxième hétérodyne sélectionne les harmoniques par battements.

Ces étalonnages sont effectués avec toutes les précautions utiles à une précision de l'ordre de 1/10 000. L'hétérodyne, faisant fonction de multivibrateur, est contrôlé par battement au moyen d'un diapason entretenu par couplage électromagnétique avec lampes triodes ; ce diapason entretenu est en outre comparé périodiquement à un diapason libre étalon, en tenant compte de l'influence de la température sur la période propre de celui-ci.

L'étalonnage s'effectue par la méthode de résonance en observant le millivoltmètre actionné par le couple thermo-électrique du circuit indicateur de l'ondemètre. La détermination du point de résonance ne s'effectue pas par la recherche du sommet de la courbe qui est toujours imprécis, mais par le relevé de deux points symétriques de même amplitude situés l'un sur la branche ascendante, l'autre sur la branche descendante de la courbe.

Dans ces conditions l'expression : $\delta = \frac{\pi}{2}\frac{f_1 - f_2}{f_0}$ détermine la largeur relative de la courbe de résonance. Or, δ est connu et égal à 0,016, d'où l'on tire :

$$\frac{f_1 - f_2}{f_0} = 0{,}01 \text{ environ.}$$

La pente des branches permettant une appréciation à 1/75 près, l'erreur finale d'interprétation est limitée à 1,5/10 000.

Les différentes causes d'erreurs possibles s'ajoutant à la précédente, peuvent provenir de :

1° L'étalonnage du diapason ;

2° L'imprécision des opérations successives pour la production d'une onde étalonnée ;

3° L'imprécision lors de l'appréciation de l'effet sur l'ondemètre par cette onde étalonnée ;

4° Les imprécisions pouvant provenir d'une modification accidentelle des dimensions géométriques des organes.

Toutes ces erreurs diverses conduisent à une *erreur limite* d'étalonnage de $\frac{4}{10\,000}$ environ et à une *erreur moyenne* de $\frac{2}{10\,000}$.

Chaque courbe d'étalonnage étant tracée sur une douzaine de points peut être considérée exacte à moins de $\frac{2}{10\,000}$ près.

Influence de la température ambiante. — Il est aisé de tenir compte de cette influence. La capacité du condensateur dépend du coefficient de dilatation linéaire de l'aluminium, soit $\frac{2{,}5}{100\,000}$ par degré centigrade. Quant à la bobine de self-inductance, sa surface augmentera sous l'effet de la chaleur, sans aucune déformation.

La longueur d'onde du circuit variera donc en raison

Digitized by Google

de : $\left(1+\frac{2}{100\,000}\right)^{\frac{5}{2}}$ soit environ $\frac{2}{100\,000}$ par degré centigrade. Il est facile de tenir compte de ces erreurs sur les courbes.

Influences parasites. — Ces influences sont nulles, du fait de la plaque de garde d'aluminium de l'ensemble et de la cuve métallique du condensateur. Des recherches très précises, dans cet ordre d'idée, ont montré que lors du passage d'un observateur entre l'émetteur et l'ondemètre, les déplacements au point de résonance ne proviennent pas d'une variation d'étalonnage de l'ondemètre, mais d'un changement de longueur d'onde de l'émetteur.

Conclusions. — Il vient d'être montré que le contrôle extrêmement rigoureux des longueurs d'onde d'émission, pouvaient être assuré industriellement, avec des appareils simples et robustes.

L'expérience a montré qu'avec un peu d'attention de la part de l'opérateur, la stabilité d'un oscillateur contrôlé par un de ces appareils pouvait être maintenue facilement à 3 ou 4/10 000 près.

Cette solution du problème important de l'interférence entre ondes porteuses de stations de fréquences voisines, doit recevoir toute la diffusion qu'elle mérite. Ce serait un grand pas vers l'organisation économique rationnelle de l'éther, envahi chaque jour davantage.

J. M.

REVUE DE LA PRESSE

RADIATIONS

Radioactivité du potassium et du rubidium. — Les éléments radioactifs ont généralement une grande masse atomique. On admet généralement que l'instabilité de l'édifice atomique peut apparaître comme une conséquence de sa complexité. Cependant on a reconnu que deux éléments de masse atomique relativement faible, le potassium ($K=39{,}1$) et le rubidium ($Rb=81{,}45$), manifestent certains caractères radioactifs.

En 1907, Campbell et Wood ont signalé que ces corps émettent des rayons β peu pénétrants d'une activité environ 100 fois moindre que celle des rayons β émis par l'uranium en équilibre radioactif avec ses produits de désintégration. Cette émission de rayons β est indépendante de la température ; elle est la même pour le potassium extrait des minéraux et pour celui qui provient des sources végétales ; il s'agit bien, et c'est là un caractère essentiel de la radioactivité, d'une propriété atomique.

On n'a pas constaté, à la vérité, la présence de rayons α ; mais cela pourrait tenir simplement à ce que la vitesse avec laquelle les particules α sont émises est très faible et ne suffit pas à leur communiquer leur énergie suffisante pour que nous puissions les déceler avec les moyens dont nous disposons actuellement. Nous savons que les rayons α, après neutralisation de leur charge positive, donnent de l'hélium et la production de ce gaz, à partir du potassium et du rubidium pourrait déceler l'émission d'un rayonnement α. Or, Strutt a constaté que l'hélium existe en quantité anormale dans les sels de Stassfürt, très riches en potassium.

Les expériences faites, ayant établi que les rayonnements du rubidium et du potassium ont des propriétés distinctes, il en résulte que la radioactivité, constatée dans les composés de ces éléments, n'a pas la même origine et ne saurait être attribuée, par exemple, à la présence d'une même impureté radioactive. L'échec de toutes les tentatives, faites pour fractionner les sels de potassium et en séparer une partie radioactive, indique que la radioactivité doit être produite par un isotope du potassium. Il se pourrait, par exemple, qu'un isotope du potassium, de masse atomique 41, se désintégrât avec émission de rayons β, pour donner du calcium de même masse atomique 41. Mais il s'agit là d'hypothèses qui n'ont pas été soumises au contrôle expérimental.

Dans un travail récent W. D. Harkins et W. G. Guy, après avoir mesuré la radioactivité du potassium et du rubidium, ont étudié, avec le même dispositif, le sodium, le calcium, le baryum, le strontium, le carbone, le chlore, le brome, le cuivre, le fer, le plomb, le manganèse, le magnésium, le nickel, l'argent, le zinc, le tantale, le tungstène, le lanthane, le sélénium, l'arsenic, l'étain, l'or, l'antimoine, l'aluminium et le mercure, en opérant soit sur les 6 éléments eux-mêmes, soit sur leurs sels. Ils ont constaté que ces éléments n'émettaient pas de rayonnement β ou tout au moins que ce rayonnement, s'il existe, a une intensité inférieure à 1/300 de celle du potassium, et, par suite, à 1/300000 de celle de l'uranium.

A. B.

QUESTIONS THÉORIQUES

La transmutation artificielle des éléments. — Les recherches de Rutherford sur la transmutation artificielle des éléments ont eu pour point de départ l'expérience suivante :

Faisons passer un faisceau de particules α très rapides, issu d'une pellicule de radium C, à travers du gaz hydrogène, sous la pression ordinaire. Les particules α sont deux fois plus massives que les molécules d'hydrogène et leur vitesse est 10000 fois plus grande ; leur énergie cinétique égale donc 200 millions de fois celle des molécules d'hydrogène. Après un parcours de 28 cm environ, ces particules α cessent d'être observables par scintillation sur un écran de sulfure de zinc ou par ionisation des gaz. Mais, un autre phénomène se superpose à celui de l'ionisation des atomes d'hydrogène : au delà du parcours des particules α, on observe, sur l'écran phosphorescent, des scintillations dues à un nouveau type de particules radiantes : les particules « H ».

L'étude des déviations produites sur ces particules par un champ magnétique, montre que chacune d'elles est constituée par un ion hydrogène, c'est-à-dire par un atome d'hydrogène privé du seul électron satellite qu'il possède et par suite électrisé positivement : c'est donc le noyau de l'hydrogène ou proton.

Le passage des particules α à travers l'azote produit également des particules que l'étude des déviations par un champ magnétique montre identiques aux particules « H » observées dans l'hydrogène, mais susceptibles de parcourir un chemin plus long : le parcours des particules « H », produites dans l'azote, est 1,4 fois celui observé pour les particules « H » dérivées de l'hydrogène ou des composés hydrogénés. La présence d'impuretés hydrogénées, si difficile à éviter, est donc sans influence sur le résultat obtenu.

Rutherford a soumis une vingtaine d'éléments au bombardement des particules α. Il observait les scintillations produites par les particules « H » qui traversaient un écran de mica d'épaisseur suffisante pour arrêter toutes les particules « H » produites dans l'hydrogène ou les composés hydrogénés, ceci toujours afin d'éliminer l'influence possible d'impuretés hydrogénées dans les éléments étudiés.

En dehors de l'azote, cinq éléments se désintègrent par le choc des particules α en émettant des particules « H » de parcours supérieur à celles qu'on obtient dans l'hydrogène, ce

Digitized by Google

sont : le bore, le fluor, le sodium, l'aluminum et le phosphore.

Un grand nombre d'autres éléments ont été examinés sans qu'on ait pu mettre en évidence la production de protons de parcours supérieur à 28 cm dans l'air. Rutherford et Chadwick opérant sur des corps complètement débarrassés d'hydrogène, ont recherché si l'action des particules α ne produirait pas des protons d'un parcours inférieur à 30 cm dans l'air. Ils constatèrent bien, presque toujours, la production de quelques protons sans pouvoir affirmer cependant que ces protons ne provenaient pas d'une contamination des corps étudiés par un composé hydrogéné. Aussi les mêmes auteurs essayèrent-ils de constater l'émission de protons par la substance étudiée dans une direction normale à celle des rayons α incidents. Dans ces conditions, l'hydrogène que peut contenir la substance étudiée n'affecte plus les résultats, car il suit sensiblement la direction des particules α incidentes. Par ce procédé, Rutherford et Chadwick ont acquis la certitude que tous les éléments légers jusqu'au potassium inclus, peuvent être désintégrés sous l'influence du choc par une particule α, à l'exception de l'hélium, du lithium, du béryllium, du carbone et de l'oxygène. Pour ces corps, comme pour les atomes plus lourds, la désintégration ne se manifeste pas avec certitude.

Des savants autrichiens, Kirsh et Pettersson, ont publié récemment des conclusions différentes. Ils pensent avoir observé, par un dispositif analogue à celui de Rutherford et Chadwick, la désintégration, non seulement des éléments légers, comme le carbone et l'oxygène, pour lesquels ces derniers n'ont pas obtenu trace de désintégration, mais de presque tous les éléments qu'ils ont examinés. Ces conclusions n'ont pas été jusqu'ici admises par Rutherford et Chadwick ainsi que le rapporte Chadwick dans le *Philosophical Magazine*.

A. B.

DOCUMENTS OFFICIELS

ARRÊTÉ DU 30 AVRIL 1927

DÉTERMINANT

LES CONDITIONS TECHNIQUES

AUXQUELLES DOIVENT SATISFAIRE

LES DISTRIBUTIONS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

(*Journal Officiel du 25 Juillet 1927.*)

(*Suite et fin*[1]).

§ 2. — Aux points de croisement, les conducteurs d'énergie sont placés au-dessus des fils de télécommunication.

Les fils aériens de télécommunication seront, en principe, remplacés par une canalisation souterraine aux croisements avec les lignes d'énergie.

Si l'administration dont relèvent les lignes de télécommunication se trouve dans l'obligation de maintenir les fils aériens, un des supports de la ligne d'énergie devra être implanté au voisinage immédiat de la ligne de télécommunication; en outre, cette dernière sera protégée par l'installation sur supports spéciaux d'un ou plusieurs câbles de garde reliés au sol et disposés parallèlement aux fils de télécommunication et sur une longueur convenable pour qu'en cas de chute d'un conducteur d'énergie, il ne puisse y avoir ni arc, ni contact même en cas de rupture du conducteur.

La distance prise entre les conducteurs inférieurs de la ligne d'énergie et les fils supérieurs de télécommunication en projection verticale sera égale au moins aux deux tiers de l'écartement des conducteurs de la ligne d'énergie, sans pouvoir être inférieure à 2 mètres.

Toutefois, ces prescriptions ne sont pas applicables aux lignes à courant alternatif de tension inférieure à 45 000 volts existant sur la plateforme des chemins de fer, qui resteront régies par les dispositions du paragraphe 2 de l'article 58.

S'il est fait emploi d'isolateurs suspendus, la distance ci-dessus s'entend même en considérant la rupture du câble dans les portées contiguës du croisement ou d'une des chaînes d'amarrage, si le support en comporte.

Il est fait application des dispositions de l'article 5, paragraphe 4, et de l'article 64, paragraphes 2 et 3.

Art. 78. — *Lignes de télécommunication affectées à l'exploitation des distributions et montées sur les mêmes supports.* — Les lignes de télécommunication qui sont montées, en tout ou partie de leur longueur, sur les mêmes supports qu'une ligne électrique de troisième catégorie ne sont pas soumises aux dispositions des premier et second alinéas du paragraphe 1er de l'article 77. Elles sont assimilées, pour les conditions de leur établissement, aux lignes électriques de cette même catégorie.

En conséquence, elles sont soumises aux prescriptions applicables à ces lignes, sauf dans les sections où, montées sur des supports particuliers, elles sont séparées du reste du circuit par un appareil (transformateur, par exemple) évitant dans une mesure suffisante la propagation des effets d'induction dont ce circuit est le siège.

Elles pourront être constituées en fils non câblés de section pouvant descendre à un minimum de 10 millimètres carrés.

De plus, ces conducteurs seront placés sur des isolateurs pouvant supporter la plus forte tension d'induction susceptible de se produire.

Les lignes de télécommunication sont toujours placées au-dessous des conducteurs d'énergie électrique.

En outre, leurs postes de communication, leurs appareils de manœuvre ou d'appel sont disposés de telle manière qu'il ne soit possible de les utiliser ou de les manœuvrer qu'en se trouvant dans les meilleures conditions d'isolement par rapport au sol, à moins que leurs appareils ne soient disposés de manière à assurer l'isolement de l'opérateur par rapport à la ligne.

Section VII.

Exploitation des distributions.

Art. 79. — *Interrupteurs aériens.* — La manœuvre des interrupteurs aériens placés à l'extérieur ne devra être faite qu'au moyen de gants en caoutchouc, l'opérateur étant placé sur un tapis de caoutchouc ou un tabouret isolant. En outre, la poignée de manœuvre de l'appareil doit être isolante et la tringle ou le câble de manœuvre doit être séparé de l'interrupteur par un double isolement.

Art. 80. — *Affichage des prescriptions de sécurité dans les distributions de troisième catégorie.* — Les chefs d'industrie, directeurs ou gérants sont tenus d'afficher dans un endroit apparent des salles contenant des installations de troisième catégorie :

1° Un ordre de service indiquant qu'il est dangereux et formellement interdit de toucher aux pièces métalliques ou conducteurs soumis à une tension de troisième catégorie, même avec des gants en caoutchouc, ou de se livrer à des

(1) Voy. *L'Industrie électrique* du 25 août 1927, page 385, 10 septembre 1927, page 403 et du 25 septembre 1927, page 429.

Digitized by Google

travaux sur ces pièces ou conducteurs, même avec des outils à manche isolant;

2° Des extraits du présent arrêté.

Ils sont tenus, en outre, d'indiquer d'une façon apparente et durable sur les supports des lignes avoisinant les agglomérations, sur les ouvrages de sectionnement, sur les supports de croisement des routes nationales, départementales, chemins de grande communication et d'intérêt commun, des voies de circulation établies sur des dépendances du domaine public fluvial ou maritime ou situées dans une partie de gare ouverte au public, le nom et l'adresse de l'exploitant ou de la société exploitante, avec indication des numéros de téléphone à demander en cas d'accident.

TITRE II

Traction électrique.

CHAPITRE Ier

Dispositions applicables à la traction par courant de toute espèce (continus ou alternatifs).

Section I

Lignes de contact.

Division I

Dispositions communes

Art. 81. — *Prescriptions générales.* — Les lignes aériennes de contact sont soumises aux dispositions du titre 1er ci-dessus, sous réserve des modifications et additions énoncées à la présente section.

Art. 82. — *Lignes dont la tension par rapport à la terre ne dépasse pas 1500 volts en courant continu ou 600 volts en courant alternatif.* — Les lignes de contact et leurs supports ainsi que les lignes d'alimentation, lorsqu'elles sont placées sur ces supports ou en dehors de la voie publique ou inaccessibles au public, ne sont pas soumises aux prescriptions spéciales à la deuxième catégorie si la tension entre leurs conducteurs et la terre ne dépasse pas 1500 volts en cas de courant continu et 600 volts en cas de courant alternatif.

Ces lignes ne sont soumises aux prescriptions ni de l'article 5, paragraphe 4 (premier alinéa), ni de l'article 42, paragraphe 2 (premier alinéa).

Art. 83. — *Dispositifs de protection.* — § 1er. — Les fils de contact doivent comporter un double isolement par rapport à la terre. Les isolateurs en porcelaine, en verre, etc., accouplés par deux en série ou à double cloche, sont considérés comme équivalents à un double isolement.

§ 2. — Lorsqu'un conducteur d'alimentation sera placé le long d'un poteau ou d'un pylône, il sera enfermé sur une hauteur d'au moins 3 mètres à partir du sol, dans un tube d'acier de deux millimètres au moins d'épaisseur; ce dispositif sera réalisé même si le conducteur est revêtu d'une armure d'acier.

Art. 84. — *Voisinage des lignes de télécommunication.* — § 1er. — Dans les parties en courbe, lorsque la ligne de télécommunication est établie dans la concavité de la courbe, les points d'attache au fil de contact doivent être assez rapprochés, ou des dispositions seront prises pour que, si l'une des attaches vient à manquer, ce fil de contact ne vienne pas toucher les fils de télécommunication.

§ 2. — A tous les points où les fils aériens de contact croisent des lignes de télécommunication, des dispositifs doivent être établis en vue de protéger mécaniquement ces lignes contre les mélanges avec les fils de contact.

Les fils transversaux seront munis de dispositifs destinés à retenir les fils de télécommunication qui viendraient à tomber et qui, par suite, pourraient plisser jusqu'aux fils de contact ou jusqu'aux câbles porteurs.

La partie des fils transversaux placée sous les fils de télécommunication est isolée des conducteurs de prise de courant par deux isolateurs en série.

Des dispositions seront prises pour qu'en aucun cas l'appareil de prise de courant ne puisse atteindre les lignes de télécommunication.

Division II

Installation de traction empruntant la voie publique.

Art. 85. — *Fil de contact.* — § 1er. — Le point le plus bas des fils de contact doit être à 6 mètres au moins au-dessus des voies publiques. Toutefois, ces fils pourront être établis à moins de 6 mètres de hauteur, à la traversée des ouvrages construits au-dessus des voies publiques. Pour les installations de deuxième catégorie toute la partie à moins de 6 mètres de hauteur devra comporter un dispositif de protection spécial en vue de sauvegarder la sécurité et toute traversée de hauteur comprise entre 6 et 8 mètres devra comporter un dispositif apparent d'avertissement.

§ 2. — La section des fils de contact ne peut pas être inférieure à 30 millimètres carrés dans les nouvelles installations.

§ 3. — Dans les installations de deuxième catégorie, sur les supports d'angle, les mesures nécessaires sont prises aux points d'attache des fils de contact pour que, au cas où ces fils viendraient à abandonner les organes de suspension, ils soient encore retenus et ne risquent pas de traîner sur le sol ou de créer des contacts dangereux.

§ 4. — Dans la traversée des agglomérations et au droit des immeubles isolés, les fils de contact doivent passer à 1 mètre au moins des façades et être, en tout cas, hors de la portée des habitants.

§ 5. — Pour les lignes de contact et pour les lignes d'alimentation qui sont placées sur les mêmes supports que les lignes de contact, les prescriptions de l'article 5, paragraphes 3 et 4, de l'article 46, paragraphes 1er et 2, et de l'article 64, paragraphes 1er, 2 et 3, sont remplacées par celles du présent article.

Art 86. — *Résistance mécanique des lignes de contact.* — Par dérogation aux dispositions de l'article 47, dans les parties de lignes de contact de deuxième catégorie établies hors des agglomérations, le coefficient de sécurité des lignes de contact doit être au moins égal à 2 et, dans les parties des mêmes installations établies dans les agglomérations, ainsi que dans les parties des gares et stations ouvertes au public, la valeur du coefficient de sécurité est au moins égale à 3.

Toutefois, pour les lignes à suspension caténaire, le coefficient 2 pourra être maintenu pour le fil de contact, même dans les agglomérations et dans les parties de gares ou stations susvisées, les dispositions de l'article 47 restant d'ailleurs applicables au câble porteur sur tout le parcours de la ligne.

Les mêmes dispositions seront étendues aux lignes d'alimentation établies sur les mêmes supports que les lignes de contact, lorsqu'elles transportent du courant de même catégorie que ces dernières.

Division III

Installations de traction établies sur plate-forme indépendante.

Art. 87. — *Fils de contact.* — § 1er. — Le point le plus bas des fils de contact doit être à 5 m 50 au moins au-dessus de la partie supérieure des rails.

Cette distance sera portée à 6 mètres au moins à la traversée à niveau des voies publiques accessibles aux véhicules,

Digitized by Google

sauf dans les cas spéciaux visés au paragraphe 1er de l'article 85.

Elle pourra être réduite à la traversée des ouvrages d'art et la cote réduite ainsi adoptée pourra être maintenue entre deux ouvrages d'art consécutifs, lorsque le rapprochement de ces ouvrages entraînerait des dénivellations de la ligne de contact de nature à faire obstacle à la vitesse des trains.

§ 2. — Pour les lignes de contact et pour les lignes d'alimentation qui sont placées sur les mêmes supports que les lignes de contact, les prescriptions de l'article 5, paragraphes 3 et 4, de l'article 46, paragraphes 1er et 2, et de l'article 64, paragraphes 1er, 2 et 3, sont remplacées par celle du présent article.

Art. 88. — *Résistance mécanique des lignes de contact.* — Par dérogation aux dispositions de l'article 47, le coefficient de sécurité des lignes de contact de deuxième catégorie doit être au moins égal à 2, excepté dans les parties de gares ou stations ouvertes au public où la valeur de ce coefficient est au mois égal à 3.

Toutefois, pour les lignes à suspension caténaire, le coefficient 2 pourra être maintenu pour le fil de contact, même dans les parties de gares ou stations susvisées, les dispositions de l'article 47 restant d'ailleurs applicables au câble porteur sur tout le parcours de la ligne.

Les mêmes dispositions seront étendues aux lignes d'alimentation établies sur les mêmes supports que les lignes de contact, lorsqu'elles transportent du courant de même catégorie que ces dernières.

Section II

Utilisation des rails de roulement comme conducteurs de courant.

Division I

Dispositions communes

Art. 89. — *Voisinage des masses métalliques.* — Quand les rails de roulement seront employés comme conducteurs, toutes les mesures nécessaires seront prises pour protéger contre l'action nuisible des courants dérivés les masses métalliques telle que conduites d'eau et de gaz, les voies ferrées de chemins de fer et leurs lignes de signaux, les lignes de télécommunication, toutes autres lignes électriques, etc.

Art. 90. — *Artères reliées aux rails de roulement.* — La liaison des rails de roulement à la station ou sous-station génératrice sera assurée par des conducteurs de courant isolés du sol.

Art. 91. — *Résistance entre les rails et les conduites souterraines.* — En aucun cas, la voie et les conducteurs qui lui sont reliés ne doivent être reliés métalliquement avec les conduites, canalisations ou masses métalliques se trouvant dans le sol.

Art. 92. — *Surveillance.* — § 1er. — L'exploitant est tenu de faire les installations nécessaires pour permettre au service du contrôle de vérifier l'application des prescriptions des articles 89, 90 et 91, ainsi que les articles 93 et 94 ci-après.

§ 2. — Lorsque les fils transversaux passent au-dessous des lignes aériennes de télécommunication, leur isolement par rapport aux fils de contact, prescrit par le paragraphe 2 de l'article 84, devra être vérifié par l'exploitation au moins deux fois par an et les résultats seront consignés sur un registre tenu à la disposition du service de contrôle et de l'administration des postes et des télégraphes.

Division II

Installations de traction empruntant les voies publiques

Art. 93. — *Répartition en deux zones.* — Les lignes de traction seront divisées en deux zones dont la délimitation, toujours revisable, sera définie d'accord entre l'exploitant et le service du contrôle :

1° Une zone dite urbaine, située à l'intérieur d'un réseau ramifié de conduites, canalisations ou masses métalliques souterraines;

2° Une zone dite suburbaine, située à l'extérieur de la précédente.

Les chutes de tension ou intensités moyennes, envisagées dans les articles 102, 103, 104, 105 et 113 ci-après s'entendent :

1° Pour la zone urbaine, comme moyenne de la durée effective du service, c'est-à-dire de l'intervalle de temps compris entre l'heure de sortie de la première voiture et celle de rentrée de la dernière voiture;

2° Pour la zone suburbaine, comme moyenne d'une durée de vingt-quatre heures consécutives.

Art. 94. — *Résistance entre les rails et les ouvrages métalliques.* — Lorsque la voie passe sur un ouvrage métallique, la voie et les conducteurs qui lui sont reliés doivent être, dans la mesure du possible, isolés électriquement dans la traversée de l'ouvrage.

Art. 95. — *Surveillance.* — § 1er. — L'exploitant doit disposer, s'il y a nécessité, soit des fils pilotes pour mesurer les différences de potentiel entre les points désignés de la distribution, soit des appareils pour vérifier l'exactitude des calculs indiqués aux articles 103 et 113 ci-après.

§ 2. — L'exploitant est tenu de vérifier, au moins une fois par an, la conductance des joints de la voie.

Les résultats obtenus seront consignés sur un registre qui devra être présenté à toute réquisition du service du contrôle.

CHAPITRE II

Dispositions spéciales à la traction par courant continu.

Art. 96. — *Presciptions générales.* — Les installations de traction par courant continu sont soumises aux prescriptions du chapitre Ier du titre II et, en outre, aux dispositions du présent chapitre.

Section I

Lignes de contact.

Art. 97. — *Rails de contact.* — § 1er — Les rails de contact sont isolés du sol avec le plus grand soin.

§ 2. — Dans les installations de deuxième catégorie, les rails de contact, dont les endroits où le public peut avoir accès, et principalement dans les gares, doivent être protégés autant que possible. Il sera tout au moins réservé des passages permettant au personnel de les franchir sans danger.

Pour les installations au-dessus de 1500 volts, la protection sera obligatoire dans les gares et dépôts, et, en dehors de ces points, dans tous les endroits où le public pourra avoir accès.

Section II

Utilisation des rails de roulement comme conducteurs de courant.

Division I

Dispositions communes.

Art. 98. — *Conductance des rails de roulement.* — § 1er. — Lorsque la voie comporte des joints non soudés, leur conductance doit être assurée dans les meilleures conditions possibles en prévision de l'intensité du courant devant y circuler.

§ 2. — En tous les points où les voies de roulement présentent une solution de continuité pour le passage du cou-

Digitized by Google

rant (points mobiles, traversées de chemins de fer, aiguillages, etc.), la conductance est assurée par des conducteurs spéciaux reliés aux rails de part et d'autre de la coupure.

§ 3. — Tous les conducteurs de courant reliés aux rails doivent être isolés du sol. Font exception les connexions des joints des rails, les connexions des appareils de voie et les connexions transversales qui peuvent être nues.

Art. 99. — *Artères reliées aux rails de roulement.* — Dans le cas où les rails sont reliés au pôle négatif, les points de connexion des artères avec les rails devront être effectués autant que possible dans un terrain sec et mauvais conducteur et en des points aussi éloignés que possible des conduites, canalisations, masses métalliques souterraines. Les enveloppes des câbles souterrains seront isolées des rails et du sol jusqu'à une distance d'au moins 4 mètres de rails.

Art. 100. — *Résistance entre les rails et les conduites souterraines.* — § 1er. — En tous les points où le potentiel des rails est susceptible de devenir négatif par rapport à celui des conduites, canalisations ou masses métalliques souterraines, notamment au voisinage des points de connexions des artères négatives, si elles sont reliées aux rails de roulement, toutes dispositions seront prises, lors de l'établissement des voies, pour augmenter le plus possible la résistance entre les rails servant de conducteur de courant et les conduites, canalisations ou masses métalliques souterraines avoisinantes.

§ 2. — Les conduites ou canalisations métalliques souterraines, en tous les points où elles croisent les voies devront passer à une profondeur telle que la distance comprise entre les points les plus proches des rails et des conduites ou canalisations métalliques soit au moins de 70 centimètres.

Si les conduites ou canalisations métalliques souterraines qui croisent les voies ne peuvent être placées à une telle profondeur et si elles ne peuvent être déviées, elles devront être protégées par une enveloppe isolante aussi efficace que possible. Cette enveloppe sera prolongée de part et d'autre des rails extérieurs sur une longueur telle que la distance entre les rails et la partie métallique des conduites ou canalisations soit au moins de 70 centimètres aux points de l'enveloppe les plus éloignées des rails.

§ 3. — Les conduites ou canalisations métalliques qui sont parallèles aux voies devront être éloignées des rails de telle sorte que la distance entre les points les plus proches des rails et des conduites ou canalisations métalliques soit au moins de 70 centimètres.

Division III

Installations de traction empruntant la voie publique.

Art. 101. — *Voisinage des masses métalliques.* — Toutes les dispositions sont prises par l'exploitant qui utilise les rails de roulement comme conducteurs de courant électrique pour que le passage de ce courant se fasse dans des conditions telles que, outre les prescriptions du chapitre I, section II, divisions I et II et du chapitre II, section II, division I, celles des articles 102, 103, 104 et 105 ci-après soient remplies.

Toutefois, les prescriptions des articles précités ne sont pas applicables si les voies de roulement sont isolées du sol en permanence ou bien s'il n'existe aucune conduite, canalisation ou masse métallique souterraine dans une zone d'au moins 50 mètres de largeur de part et d'autres des voies, à condition qu'il n'en résulte aucun inconvénient pour les canalisations voisines et, en particulier, aucune perturbation nuisible dans les circuits de télécommunication, que ces circuits soient constitués par des lignes aériennes ou souterraines ou par des voies elles-mêmes constituant des circuits de voie.

Art. 102. — *Conductance des rails de roulement,* — § 1er. — La conductance des joints de rails sera entretenue en bon état et la chute de tension moyenne ne doit atteindre dans aucun joint 5 millivolts dans la zone urbaine et 10 millivolts dans la zone suburbaine (1).

§ 2. — Les rails d'une voie doivent être reliés entre eux par des connexions transversales situées au moins tous les dix joints. Dans les parties à deux voies juxtaposées, les rails intérieurs des deux voies doivent être reliés entre eux par des connexions transversales situées au moins tous les vingt joints. Ces connexions auront une section d'au moins 50 millimètres carrés, si elles sont en cuivre, ou une section électriquement équivalente.

§ 3. — La section des conducteurs prévus à l'article 98, § 2, doit être calculée de telle sorte que la différence de potentiel mesurée entre les deux extrémités des rails situés de part et d'autre de la solution de continuité ne dépasse pas en moyenne 18 millivolts par mètres de distance entre les extrémités des rails.

Art. 103. — *Chute de tension calculée dans les rails.* — § 1er. — Dans les cas mentionnnés au paragraphe qui suit, le concessionnaire devra justifier que les dispositions prises pour le retour du courant (section des rails, dispositifs de connexion, artères de retour, etc.), permettent de satisfaire aux prescriptions suivantes :

La chute de tension moyenne calculée d'après l'horaire prévu et en supposant qu'il n'y ait aucune dérivation dans le sol, ne doit pas dépasser, pour 1 kilomètre de voie, 1,1 volt dans la zone urbaine et 2,2 volts dans la zone suburbaine.

§ 2. — Les obligations prescrites au paragraphe qui précède s'appliquent :

a) Aux lignes à construire, même à celles dont les projets auraient été antérieurement approuvés;

b) Aux lignes préexistantes qui viendraient à subir d'importantes modifications soit dans le service des trains, soit dans la construction des voies ou des canalisations desservant les voies.

Elles ne s'appliquent pas aux lignes préexistantes tant que celles-ci ne subiront pas de modifications de la nature indiquée ci-dessus.

Art. 104. — *Chutes de tension mesurées dans les rails.* — § 1. — *a*) Dans la zone urbaine, la perte de charge, mesurée sur une longueur de voie de 1 kilomètre prise arbitrairement ne doit pas dépasser en moyenne 1 volt;

b) Dans la zone suburbaine, la perte de charge, mesurée sur une longueur de voie de 1 kilomètre prise arbitrairement, ne doit pas dépasser en moyenne 2 volts.

§ 2. — Lorsque des conduites, canalisations ou masses métalliques visées aux articles 91 et 103 se trouvent à une distance des rails supérieure à 4 mètres, une chute de tension pouvant aller jusqu'au double de celle fixée au paragraphe 1er peut être admise, à la condition qu'il n'en résulte aucun inconvénient pour les canalisations voisines et, en particulier, aucune perturbation nuisible dans les circuits de télécommunication, que ces circuits soient constitués par des lignes aériennes ou souterraines ou par des voies elles-mêmes constituant des circuits de voie.

Cette distance de 4 mètres pourra être augmentée jusqu'à 10 mètres si, par suite de sa nature, le terrain était particulièrement conducteur, et davantage si les troubles sont constatés.

Art. 105. — *Artères reliées aux rails de roulement.* — Lorsque plusieurs artères sont issues d'une même station ou sous-station génératrice, la différence de potentiel moyenne entre deux quelconques des points de connexion de ces artères avec les rails ne devra pas dépasser 1 volt dans la zone urbaine et 2 volts dans la zone suburbaine, par kilomètre de distance mesurée à vol d'oiseau entre ces points.

(1) On pourra, conformément à l'usage, continuer à vérifier la conductance des joints en comparant la chute de tension dans les joints avec celle d'une longueur déterminée de rail.

Digitized by Google

Division III.

Installations de traction établies sur plate-forme indépendante.

Art. 106. — *Voisinage des masses métalliques.* — Toutes les dispositions nécessaires seront prises pour l'exploitant qui utilise les rails de roulement comme conducteur de courant pour que le passage de ce courant se fasse dans des conditions telles que, outre les prescriptions du chapitre I, section II, division I et du chapitre II, section II, division I, celles des articles 107, 108 et 109 ci-après soient remplies.

Art. 107. — *Conductance des rails de roulement.* — § 1er. — La conductance des joints de rails sera entretenue en bon état et la chute de tension moyenne ne doit pas atteindre une valeur telle qu'il en résulte des troubles dans les ouvrages avoisinants (tels que canalisations diverses, signaux, etc.).

§ 2. — La section des conducteurs de jonction spécifiée au paragraphe 2 de l'article 98 doit être calculée de telle sorte que la différence de potentiel mesurée entre les deux extrémités des rails situés de part et d'autre de la solution de continuité ne dépasse pas, en moyenne, 32 millivolts par mètre de distance entre les extrémités des rails.

Art. 108. — *Chute de tension calculée dans les rails.* — § 1er. — Dans tous les cas mentionnés au paragraphe qui suit, le concessionnaire devra faire connaître, dans le projet qu'il doit présenter, les dispositions prises pour le retour du courant (poids des rails, dispositifs de connexion, artère de retour, etc.), en vue d'éviter les troubles dans les canalisations voisines d'eau, de gaz, d'électricité, de télécommunication, etc.

§ 2. — Les obligations prescrites au paragraphe qui précède s'appliquent :

a) Aux lignes à construire, même à celles dont les projets auraient été antérieurement approuvés;

b) Aux lignes préexistantes qui viennent à subir d'importantes modifications, soit dans le service des trains, soit dans la construction des voies ou des canalisations desservant les voies.

Elles ne s'appliquent pas aux lignes préexistantes, tant que celles-ci ne subiront pas de modifications de la nature ci-dessus indiquée.

Art. 109. — *Artères reliées aux rails de roulement.* — Lorsque plusieurs artères sont issues d'une même station ou sous-station génératrice, la différence de potentiel moyenne entre deux quelconques des points de connexion de ces artères avec les rails ne devra pas atteindre une valeur telle qu'il en résulte des troubles dans les ouvrages avoisinants (tels que canalisations d'eau, de gaz, d'électricité, de télécommunication, etc.).

CHAPITRE III

Dispositions spéciales à la traction par courant alternatif.

Art. 110. — *Prescriptions générales.* — Les installations de traction par courant alternatif sont soumis aux prescriptions du chapitre Ier du titre II et, en outre, aux dispositions du présent chapitre.

Section I.

Lignes de contact.

Art. 111. — *Installations spéciales.* — Dans les installations de deuxième catégorie, les voies non parcourues de façon permanente par les trains, telles que les voies de débord, ou certaines voies de garage et de dépôt, seront munies de sectionneurs permettant de supprimer le courant sur les lignes de contact correspondantes lorsque les manœuvres n'y seront pas nécessaires.

Section II.

Utilisation des rails de roulement comme conducteurs de courant.

Art. 112. — *Conductance des rails de roulement.* — § 1er. — La conductance des rails sera assurée de façon qu'il n'existe aucune solution de continuité électrique; en particulier, les aiguilles, croisements, appareils de voies, etc., seront pourvus de connexions spéciales dont la section doit être calculée de telle sorte que la différence de potentiel, mesurée entre les deux extrémités des rails situés de part et d'autre de la solution de continuité, ne dépasse pas en moyenne 20 millivolts par mètre de distance entre les extrémités des rails.

§ 2. — Dans la zone dite urbaine, les rails seront reliés entre eux métalliquement par des connexions transversales situées au moins tous les vingt joints. Dans les parties à deux voies juxtaposées, les rails intérieurs des deux voies doivent être reliés entre eux par une connexion transversale située au moins tous les kilomètres.

Ces connexions auront une section d'au moins 50 millimètres carrés, si elles sont en cuivre, ou une section électriquement équivalente.

Dans la zone suburbaine, ces connexions ne seront pas exigées en voie courante, sauf aux aiguilles, croisements, points spéciaux.

§ 3. — Tous les conducteurs de courant reliés aux rails doivent être isolés du sol, sauf dans le cas où leur longueur est inférieure à 100 mètres et où ces conducteurs sont reliés au sol par une plaque de terre au moins à une de leurs extrémités.

Font exception les connexions de joints de rails, les connexions des appareils et les connexions transversales qui peuvent être nues.

Art. 113. — *Chute de tension calculée dans les rails.* — § 1er. — Dans les cas mentionnés au paragraphe qui suit, le concessionnaire devra justifier, dans le projet d'exécution qu'il doit présenter, que les dispositions prises pour le retour du courant (poids des rails, dispositifs de connexion, artères de retour, etc.) permettent de satisfaire à la condition suivante : la chute de tension moyenne calculée dans les rails sur la durée définie à l'article 95 avec l'horaire prévu ne devra pas dépasser 15 pour 100 de la tension d'alimentation au départ des centrales ou sous-stations, en supposant qu'il n'y ait aucune dérivation dans le sol.

§ 2. — Les obligations prescrites au paragraphe qui précède s'appliquent :

a) Aux lignes à construire, même à celles dont les projets auraient été antérieurement approuvés;

b) Aux lignes préexistantes qui viennent à subir d'importantes modifications soit dans le service des trains, soit dans la construction des voies ou des canalisations desservant les voies.

Elles ne s'appliquent pas aux lignes préexistantes, tant que celles-ci ne subiront pas de modifications de la nature indiquée ci-dessus.

Art. 114. — *Résistance entre les rails et les conduites souterraines.* — Toutes les dispositions seront prises lors de l'établissement des voie pour augmenter le plus possible la protection contre l'influence du courant circulant dans les rails, des conduites, des canalisations ou masses métalliques souterraines avoisinantes.

Section III.

Prescriptions concernant les équipements électriques du matériel roulant.

Art. 115. — *Prescriptions relatives aux organes sous tension.* — Toutes dispositions doivent être prises dans la construction du matériel roulant accessible au public pour éviter

Digitized by Google

tout contact accidentel des voyageurs avec un conducteur ou un organe sous tension et, dans la mesure du possible, tout commencement d'incendie dû au passage du courant.

Art. 116. — *Isolement et protection des conducteurs.* — Dans les parties des voitures accessibles au public, tous les conducteurs doivent comporter un isolement en rapport avec leur tension par rapport à la terre et être protégés par une paroi isolante ou métallique.

Art. 117. — *Prescriptions relatives aux organes susceptibles d'être sous tension et aux organes mobiles.* — § 1er. — Tous les appareils employés dans l'équipement du matériel roulant comportant les parties métalliques nues susceptibles d'être sous tension doivent être enfermés dans un capot isolant ou métallique.

§ 2. — Tous les appareils employés dans l'équipement du matériel roulant comportant des organes mobiles (par exemple : poignées de disjoncteurs, etc.) ou susceptibles de donner lieu à des arcs de rupture (par exemple : contacteurs, interrupteurs, etc.) doivent être protégés de façon à éviter dans la mesure du possible que les personnes placées dans leur voisinage soient atteintes par l'organe qui se déplace ou par les projections auxquelles le fonctionnement de l'appareil peut donner lieu.

Art. 118. — *Equipements utilisés avec des courants de deuxième catégorie.* — § 1er. — Pour les équipements utilisés avec des courants de deuxième catégorie, outre les dispositions indiquées aux articles 115, 116 et 117, les canalisations électriques doivent, sur toute leur longueur, être protégés par des gaines métalliques et les appareils doivent être complètement enfermés dans les armoires ou cabines métalliques.

§ 2. — En particulier, les appareils utilisés pour la conduite de la voiture doivent se trouver complètement hors de la portée du public et autant que possible rassemblés dans une cabine accessible seulement aux machinistes ou à toute personne dûment qualifiée.

Art. 119. — *Mise à la masse des pièces métalliques.* — Toutes les parois ou gaines métalliques en contact avec des conducteurs isolés, tous les capots, armoires ou cabines métalliques utilisés pour la protection des appareils doivent être reliés de façon permanente à la masse du châssis au moyen d'un conducteur de section suffisante.

TITRE III

Dispositions diverses.

Art. 120. — *Interdiction d'employer la terre.* — Il est interdit d'employer la terre comme partie d'un circuit de distribution.

Art. 121. — *Voisinage des magasins à poudre et poudreries.* — Aucune canalisation de distribution ou ligne de contact ne peut être établie à l'intérieur de la clôture d'une poudrerie ni à une distance d'un magasin à poudre ou d'un bâtiment d'une poudrerie pouvant être appelée à contenir de la poudre, inférieure à celle définie ci-dessous suivant sa nature et sa catégorie :

1° Conducteurs souterrains :
1re ou 3e catégorie, 10 mètres;
3e catégorie, 20 mètres;
2° Conducteurs aériens :
1re ou 2e catégorie, 20 mètres;
3e catégorie, 100 mètres.

Les distances se comptent horizontalement à partir du bâtiment de la poudrerie envisagée ou à partir de l'aplomb extérieur de la clôture qui entoure le magasin. S'il n'existe pas de clôture, on devra considérer comme limite :

1° D'un magasin enterré, le pied du talus du massif de terre recouvrant les locaux ;

2° D'un magasin souterrain, le polygone convexe circonscrit à la projection horizontale sur le sol des locaux et des gaines ou couloirs qui mettent ces locaux en communication avec l'extérieur.

Dans tous les cas, les conducteurs aériens devront être établis de telle sorte qu'en cas de rupture, dans les conditions les plus défavorables, ils ne puissent atteindre les limites du magasin définies ci-dessus.

Lorsque plusieurs conducteurs de 2e ou 3e catégorie passent au voisinage du magasin, on doit les disposer d'un même côté et non de part et d'autre de ce magasin.

Art. 122. — *Conditions d'application du présent arrêté.* — § 1er. — D'une façon générale, les ouvrages relevant d'une catégorie d'après les définitions données à l'article 1er du présent arrêté pourront toujours être équipés suivant les règles fixées pour une catégorie supérieure, mais à la condition d'observer dans l'établissement de ces ouvrages toutes les règles prescrites pour les installations de cette dernière catégorie.

§ 2. — Des dérogations aux prescriptions du présent arrêté pourront être accordées par le ministre des travaux publics, après avis du comité d'électricité et après toutes autres consultations qu'il jugerait utiles.

§ 3. — Le présent règlement ne fait pas obstacle à ce que le service du contrôle, lorsque la sécurité l'exige, impose des conditions spéciales pour l'établissement des installations, sauf recours des intéressés au ministre des travaux publics.

§ 4. — Le présent arrêté annule et remplace l'arrêté du 30 avril 1924, sous réserve de l'application de l'article 123.

Art. 122. — *Délais d'application du présent règlement aux installations existantes.* — A moins de nécessité de caractère urgent, les dispositions du présent arrêté ne seront applicables aux installations existantes qu'au fur et à mesure des travaux de renouvellement ou de modification.

Ne pourra, toutefois, dépasser une année le délai dans lequel seront appliquées les prescriptions des articles suivants :

Article 50, §§ 2 et 5 (sous-stations et postes de transformation).

Article 58, § 2, dernier alinéa (canalisations verticales ou obliques croisant des lignes de télécommunication).

Article 60, § 5, dernière phrase (dispositions relatives aux interrupteurs aériens placés à l'extérieur).

Article 68, §§ 2 et 5 (sous-stations et postes de transformation).

Article 79, § 5, dernière phrase (dispositions relatives aux interrupteurs aériens placés à l'extérieur).

Article 80, dernier alinéa (affichage du nom et de l'adresse de l'exploitant).

Fait à Paris, le 30 avril 1927.

Le ministre des travaux publics,
André Tardieu.

Le ministre du commerce et de l'industrie,
Maurice Bokanowski.

L'Editeur-Gérant : A. LAHURE.

94 998. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris. — 1927

Digitized by Google

36e Année. — N° 848 25 Octobre 1927.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTEUR EN CHEF
ALFRED SOULIER
Le 2e vendredi de chaque mois de 15 h. à 16 h.

ABONNEMENTS
Paris et Départements : 30 francs par an.
Union postale : 40 francs par an.

ADMINISTRATION
9, rue de Fleurus, 9. — Paris (VIe)
TÉLÉPHONE : Ségur 04-23 et Ségur 04-44.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction au Rédacteur en Chef, 9, rue de Fleurus.

Pour toute demande de numéros de L'Industrie Électrique *on est prié de joindre, à la demande, le montant de l'envoi, en timbres-poste ou en mandat postal.*

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — La mise à la terre des appareils électriques par le neutre peut provoquer des accidents. — Les travaux de la « General electric Co » américaine pendant l'année 1926. — La réduction des stations de diffusion aux Etats-Unis. 456

CORRESPONDANCE. 460

LA CONCENTRATION DES IONS HYDROGÈNES (*suite*). **A. Boutaric** . . 461

DÉTERMINATION QUANTITATIVE DES QUALITÉS D'UN RÉCEPTEUR RADIOTÉLÉGRAPHIQUE. **J. M.** 465

SONNERIE ÉLECTRIQUE DES CLOCHES EN VOLÉE. **Léopold Reverchon.** 466

LA SIGNALISATION SUR LES LOCOMOTIVES DE CHEMIN DE FER. **J. M.** . 468

COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES. — L'électron magnétique et la mécanique ondulatoire, par M. **L. Rosenfeld.** — Sur une disposition de cage de Faraday pour radiotélégraphie, par MM. **Beauvais** et **Mesny.** — Méthodes et appareils pour la mesure de la dureté hertzienne, par M. **Robert Esnault-Pelterie.** — Les deux moments magnétiques de l'atome, par M. **Raoul Ferrier.** — Déformations électriques du quartz, par M. **Ny Tsi Ze.** — Sur la conductivité de l'acide fluorhydrique, par **Maurice Aumérbas.** 471

REVUE DE LA PRESSE. — *Installations* : Isolateurs pour lignes aériennes à 220 000 v. — Quelques emplois de l'énergie électrique dans les exploitations agricoles. — *Questions théoriques* : La détermination des valeurs scalaires extrêmes d'une quantité complexe. — *Divers* : Les progrès de l'industrie électrique en Australie. — Les développements hydro-électriques du Canada. — Les développements de l'industrie électrique en Russie. — Un câble souterrain pour 132 kv. — Les installations téléphoniques et télégraphiques du chemin de fer à traction électrique de Stockholm à Gothenbourg. 474

INFORMATIONS

La mise à la terre des appareils électriques par le neutre peut provoquer des accidents. — Notre nouveau confrère *Fil et Sans Fil* vient de publier l'information suivante qui mérite d'être propagée étant donné l'intérêt qu'elle présente pour le développement des installations électriques :

« Le règlement n° 137 de l'Union des Syndicats de l'Electricité, qui régit actuellement les installations intérieures chez les abonnés, spécifie à l'article 88 :

« Dans les installations à courant alternatif dont la tension, telle qu'elle est définie à l'article 1er de l'arrêté technique visé au début du présent règlement, dépassera 150 v, tous les appareils métalliques fixes devront être mis à la terre s'ils sont susceptibles d'être touchés d'un endroit non isolé. »

« Je ne veux pas discuter ici aujourd'hui les avantages et les inconvénients de cette mise à la terre ; les avis sont très partagés et la question mérite d'ailleurs d'être examinée spécialement. Par contre, je voudrais attirer l'attention sur une méthode de réaliser cette mise à la terre qui présente de graves dangers pour le public.

A l'heure actuelle, on adopte de plus en plus, pour l'électrification des campagnes, la tension triphasée de 230/400 v qui permet de réaliser des économies sensibles de cuivre et de diminuer le nombre des postes de transformation, donc les pertes à vide, ces effroyables rongeurs de nos distributions rurales.

Mais alors on se trouve dans le cas prévu à l'article 88 du règlement 137 de l'U. S. E. : tension supérieure à 150 v. Il faut donc, sauf le cas exceptionnel de planchers isolés, mettre à la terre : la chemise en laiton des douilles, les couvercles métalliques des interrupteurs, les boîtes en fonte des appareils étanches, les tubes protecteurs des canalisations, etc.

A cela, rien à dire : c'est le règlement.

Malheureusement, beaucoup de secteurs, pour appliquer ce règlement, ont eu une idée qu'ils ont cru géniale : ayant le conducteur neutre de leur distribution à la terre, ils ont dit aux installateurs : « Reliez les parties métalliques des appareils au neutre, et ainsi vous les mettrez à la terre ».

Et c'est alors que l'on vit éclore des douilles dont un des

Digitized by Google

pistons était relié à la chemise, des interrupteurs étanches dont la boîte en fonte ou en aluminium était mise en contact avec l'un des plots, etc.

Mais si, lors du montage, un ouvrier étourdi se trompe et branche le fil de phase à la place du neutre, la douille, la boîte d'interrupteur, etc., au lieu d'être à la terre, sont alors mis sous tension. Et même si toute l'installation est correctement faite, il suffira qu'un jour, lors d'une réparation, par exemple, on intervertisse quelque part neutre et phase pour que toute l'installation soit sous tension. Au premier contact de l'usager, ce sera l'électrocution.

Je n'ignore pas que le conducteur neutre étant obligatoirement de couleur bleue, on ne devrait pas commettre cette erreur. Malheureusement, il faut tenir compte qu'en certains endroits peu éclairés, l'erreur est facile et aussi qu'il y a, dans nos fermes, des lignes en fils nus.

Et surtout, il faut toujours redouter la faute d'un apprenti, l'inattention même brève d'un ouvrier expérimenté, etc. Il est inadmissible que la sécurité du public soit à la merci d'une méprise de ce genre, car le remède est alors pire que le mal, étant donné surtout que le mal à redouter n'est qu'éventuel alors que le danger du remède est certain.

Mettez à la terre, mais faites-le au moyen d'un fil de terre spécial, ou bien, alors, ne faites rien.

Il n'est pas exagéré de dire que, dans ce cas, la mise à la terre au moyen du conducteur neutre est un véritable crime ».

Nous ne pouvons que joindre nos vœux à ceux de notre confrère et souhaiter que la mise à la terre des appareils soit faite avec tous les soins désirables, car il y va de l'intérêt de tout le monde. A. S.

Les travaux de la « General electric C° » américaine pendant l'année 1926. — Les renseignements suivants sur l'activité de la « General electric C° » sont empruntés au rapport annuel de cette Société que M. I. Liston vient de publier. Comme cette Société est de beaucoup la plus importante des Etats-Unis, ce rapport donne une idée assez exacte du développement de l'industrie électrique en Amérique.

Au point de vue des turbines à vapeur, la Société a fourni pour Chicago, un groupe de 77 000 kw (la plus grande unité était, en 1925 de 60 000 kw). On a commencé la construction d'une unité de 91 500 kw, destinée également à Chicago, qui sera terminée cette année-ci et d'une autre unité de 208 000 kw, qui sera terminée en 1929. Cette dernière unité, destinée à une usine centrale de Hammond, fonctionnera avec de la vapeur à 42 atmosphères, 400°; la vapeur sortant des roues à haute pression sera réchauffée avec de la vapeur fraîche à 260° avant d'actionner les roues à basse pression.

La vitesse de rotation sera de 1800 t : min; sur l'arbre des roues à haute pression sera monté un alternateur de 76 000 kw et sur chacun des 2 arbres des roues à basse pression seront montées une génératrice de 60 000 kw et une autre de 4000 kw; ces dernières destinées au service de la station.

La Société a en construction de nombreuses unités très puissantes, entre autres 2 de 94 000 kw, pour la Southern California Edison C°; chacune de ces unités aura une longueur de 31 m et pèsera 700 t.

De nombreuses améliorations dans la construction, et surtout dans la ventilation, l'emploi de conducteurs fortement subdivisés, de coins et de supports en aluminium, ont permis d'augmenter les rendements; le rendement de 2 alternateurs de 62 500 kw chacun à 1800 t : min, de l'usine Richemond à Philadelphie, est de 98 pour 100. Lors des essais, la surélévation de la température de l'induit était de 30°, celle du volant inducteur de 65°. On procède à des essais de ventilation avec de l'hydrogène, dont on attend les meilleurs résultats.

La turbine de 3000 kw, alimentée avec de la vapeur à 84 atmosphères, de la station Edgard à Boston, a fonctionné depuis un an d'une manière irréprochable et a ainsi prouvé que l'emploi des hautes pressions ne cause aucune difficulté; on arrivera avec elles à une consommation de charbon de 0,40 kg par kw-h.

La turbine à vapeur de mercure, installée en 1923 à la centrale Dutch-Point de la Hartford electric and light C°, a été remplacée en 1925, par une nouvelle turbine à 3 étages et l'on a également changé la chaudière. Un essai presque ininterrompu de 6 mois sur le réseau a été tout à fait satisfaisant. La chaudière avec tubes à feu verticaux est disposée juste au-dessus du foyer, de sorte que les tubes, qui peuvent chacun se dilater librement, sont chauffés uniformément; une revision faite en septembre 1926 a montré que toutes les parties sont dans un état parfait. Le rendement de la turbine est de 70 pour 100. La Société Hartford a commandé, pour son usine de Meadow, une turbine à vapeur de mercure de 10 000 kw; la chaleur dégagée par la condensation de la vapeur de mercure permettra d'obtenir 56 000 kg de vapeur d'eau à 400° par heure.

Quoique pendant l'année, les usines thermiques se soient beaucoup plus développées, on n'en a pas moins construit des usines hydroélectriques et la société a fourni en 1926 plus de 30 génératrices pour turbines hydrauliques d'une puissance supérieure à 10 000 kw.

La plupart sont munies de paliers à ressort et plusieurs d'entre elles ont une circulation continue d'air de refroidissement avec refroidissement de celui-ci par de l'eau; les rotors et les stators ont été construits avec des plaques d'acier, afin d'éviter d'avoir à fondre de très grosses pièces.

A citer parmi les génératrices les plus puissantes, trois à axe vertical de 57 500 kv-a à 120 t : min pour l'Alabama Power C°, deux de 50 000 kv-a 300 t : min, pour la Washington Water Power C° et de 40 000 kv-a, 81,8 t : min, pour la Susquehama Power C°.

La société a fourni à la California Edison C°, trois régulateurs de phase, synchrones, chacun pour 50 000 kv-a à 600 t : min, fréquence 50; qui sont les plus grandes unités de ce genre construites jusqu'à ce jour. Elles sont destinées au réseau de Big-Creek, à 220 000 v; leur poids est de 190 t chacune et elles sont refroidies, par circulation continue d'air, avec réfrigérants à eau, leurs pertes sont de 1,5 pour 100.

On a livré en outre 3 commutatrices, pour courant continu d'une intensité de 10 500 amp. à 87-175 v; elles sont alimentées par des transformateurs à huile, à refroidissement naturel de 2055 kv-a, 6600-150 v. Chacun de ces transformateurs est muni d'un appareil de réglage, ayant 8 plots permettant de faire varier la tension secondaire par degrés de 150 à 66 v; le réglage définitif s'obtient ensuite en faisant varier l'excitation.

On a construit des redresseurs à vapeur de mercure, avec enveloppes métalliques, la plupart pour chemins de fer, pour des puissances atteignant 1500 kw et des tensions allant jusqu'à 1500 v. Plusieurs de ces appareils ont été agencés, avec succès, pour un fonctionnement automatique.

Un type spécial particulièrement solide, de moteur de 5 à 200 ch, a été créé pour les aciéries; ils sont agencés avec des ventilateurs et peuvent au choix être munis de paliers à billes ou de paliers ordinaires

On a pu arriver à construire des moteurs à collecteur, permettant un réglage de la vitesse de rotation de 1 à 5 à puissance constante. Pour les monte-charges, on construit des moteurs à courant continu, combinés avec le tambour d'enroulement et le frein à air. L'induit est muni de paliers à billes et tourne autour de l'arbre qui reste fixe.

Le dispositif Ward-Léonard, est de plus en plus employé pour la commande des grands appareils de levage.

La société a construit pour le Chili une grue destinée à la manutention de minerais, dont la benne preneuse de 70 t. est soulevée avec une vitesse de 70 m à la seconde; pour la manœuvre de la grue et son déplacement il y a 4 moteurs à

Digitized by Google

courant continu et un moteur synchrone triphasé de 455 kv-a qui sert également pour le réglage de phase.

Les plus grandes machines à papier qui aient été construites ont été livrées à la Canada international paper C° dont la fabrique est située au bord de la rivière de Gatineau.

La largeur de la bande de papier est de 7 m, sa vitesse de déplacement de 365 à 440 m par minute Chacune des 4 machines est actionnée par plusieurs moteurs. Pour le calandrage, il y a des moteurs de 250 ch, pour la compression des moteurs de 125 ch, et pour le séchage des moteurs de 440 ch. La puissance totale de moteurs est de 5780 ch; le courant continu est fourni par 4 groupes de 750 kw chacun. On a étudié pour ces machines un régulateur qui empêche la vitesse de varier de plus de quelques dixièmes pour 100; sa partie principale est un petit moteur synchrone dont le rotor est alimenté par le moteur principal de commande.

Les fortes livraisons faites en 1925, pour les moteurs de laminoirs en acier, se sont continuées en 1926 où elles ont atteint 140 000 ch, de sorte que jusqu'ici la société a fourni à cette industrie des moteurs dont la puissance atteint à peu près 1 million de chevaux.

Le moteur à vapeur d'un laminoir réversible pour blocs a été remplacé, en 122 heures, par un moteur à courant continu de 3000 ch, 80 à 150 t : min. Le moteur est alimenté par une commutatrice munie d'un fort volant.

Dans les laminoirs à marche continue, la tendance est d'employer un moteur spécial pour chaque groupe. La société a construit, pour les mines de cuivre de Anaconda, un moteur à courant continu de 2150 ch, destiné à la commande d'une machine d'extraction pour un puits de 1580 m de profondeur qui monte un poids utile de 7 t, avec une vitesse de 11,4 m à la seconde. La commutatrice, munie d'un fort volant qui alimente ce moteur, a une puissance apparente de 2300 kv-a 2200 v, elle tourne à une vitesse de 514 t : min, elle fournit du courant continu dont la tension peut atteindre 150 v.

En 1925, la société a construit des transformateurs d'une puissance plus grande que ceux fournis auparavant, soit 20 000 kv-a pour refroidissement naturel et 34 000 kv-a pour refroidissement artificiel. Dans beaucoup de cas, la cuve à huile est refroidie par un ventilateur, au lieu de l'être par une circulation d'eau, ce qui est préférable dans les cas de fortes gelées. Ce dispositif a été adopté pour 4 transformateurs monophasés de 30 000 kv-a, ayant 3 enroulements de 220 000, 125 000 et 10 600 v, destinés à coupler ensemble les réseaux de 2 entreprises.

La demande de condensateurs, pour l'amélioration du facteur de puissance, même petits, a été très grande: la société a adopté un type spécial, renfermé dans une caisse en tôle, pouvant être fixée sur une paroi, pour des puissances apparentes de 5 à 120 kv-a dans le cas de courant monophasé et de 30 à 120 kv-a pour le courant triphasé.

La société a construit 100 km de câbles, à âme unique à 132 000 v. pour la New-York Edison C°. Comme presque tous les défauts constatés après la pose des câbles proviennent des jonctions de ceux-ci, la société a étudié un type de raccords, remplis d'huile, avec réservoirs de dilatation, qui donne toute satisfaction.

Le nombre des sous-stations automatiques, ainsi que leur puissance sont toujours en croissance. Plus de la moitié des sous-stations de chemins de fer américains sont automatiques, elles sont équipées, soit avec des moteurs générateurs synchrones, soit avec des commutatrices et ont des puissances de 200 à 3000 kw. La société a également construit une sous-station automatique mobile, montée sur un wagon de 14 m, avec transformateur pour une tension de 33 000 v et convertisseur de 300 kw. Elle a aussi livré de nombreuses sous-stations automatiques avec redresseur à vapeur de mercure pour des puissances atteignant 750 kw et des tensions allant jusqu'à 1500 v. Ordinairement dans les chemins de fer, les sous-stations automatiques sont mises en marche ou arrêtées au moyen d'interrupteurs, depuis un poste central, dans lequel sont installés des appareils indiquant à chaque instant, leur puissance; elles ne sont en somme que demi-automatiques.

De nombreuses entreprises industrielles ont également installé des sous-stations dont le fonctionnement est entièrement automatique, ou bien comme dans les chemins de fer, la mise en marche et l'arrêt sont commandés d'un poste central.

Parmi les usines hydroélectriques automatiques, celle de Glines-Canyon est la plus puissante, sa turbine de 17500 ch actionne un alternateur triphasé de 13300 kv-a; la mise en marche, l'arrêt, le réglage de la vitesse, la variation de la charge sont commandés depuis l'usine de Elwah, où à chaque instant est indiquée l'ouverture de la vanne automatique principale de Glines-Canyon.

De nombreuses compagnies de chemins de fer électriques ont commandé des voitures automotrices, principalement du type léger, munies de 4 moteurs de 25 ou 35 ch, destinées au service urbain ou de banlieue. Plusieurs compagnies ont adopté le nouveau frein magnétique de secours. Celui-ci comporte des sabots de frein disposés par paires au-dessous du châssis de la voiture et qui normalement sont à 50 mm environ au-dessus des rails et peuvent venir en contact avec ceux-ci, sous l'action de petits cylindres à air comprimé. Au moment où les sabots arrivent en contact avec le rail ils sont mis en relation avec le conducteur de prise de courant, de sorte que l'aimantation se produit et il y a une attraction énergique. Dès que le frein à air de la voiture est débrayé, le courant est interrompu, les sabots remontent et l'attraction cesse; cette action s'effectue automatiquement au bout de quelques secondes. L'emploi de ces freins est surtout indiqué sur les lignes où les rails sont glissants.

L'électrification des chemins de fer ayant fait de grands progrès, la société a fourni un grand nombre de locomotives et d'automotrices.

Le chemin de fer de New-York-New-Haven et de Hartford a commandé 5 locomotives de trains de marchandises et deux locomotives de triage, équipées avec des moteurs générateurs, transformant le courant alternatif simple à 11 000 v, servant à la traction, en courant continu.

Les locomotives électriques à mazout, livrées en 1925, ayant donné de bons résultats, il y a eu de nouvelles commandes, et à la fin de 1926, il y avait en service 11 de ces machines de 60 t et 2 de 100 t; la plupart sur des chemins de fer, une dans une aciérie et une autre dans l'industrie. Parmi celles des chemins de fer, l'une pour train de marchandises a un moteur à huile lourde de 750 ch et une autre pour trains de voyageurs, un moteur de 800 ch; une locomotive de 120 t est équipée avec un moteur de 300 ch et une batterie d'accumulateurs. La société a livré environ 120 automotrices électriques avec moteur à essence à 6 cylindres, actionnant directement la génératrice; elle a fourni au chemin de fer de Boston et Main, un tracteur muni d'un moteur qui démarre avec de l'essence, puis ensuite fonctionne automatiquement avec de l'huile lourde, moins chère.

Les autobus électriques à essence, ont eu également du succès, tandis qu'il n'y en avait que 250 en service en 1925, on en comptait plus de 1000 à la fin de 1926. La Philadelphia rural transit C° emploie exclusivement des voitures de ce type, dont 15 sont équipées en chasse-neige. Les voitures de ce genre, qui n'étaient d'abord destinées qu'au service urbain, fonctionnent maintenant entre Baltimore, Washington et New-York.

Lors du match de boxe Dempsey-Tunney, les 362 voitures de la société ont transporté plus de 150 000 personnes. Il y a 400 de ces voitures en service à New-Jersey.

F. L.

Digitized by Google

La réduction des stations de diffusion aux États-Unis. (*The Electrical Review*, 26 août 1927.) — La Commission de radiodiffusion du Département du Commerce, a informé 20 postes d'émission de la région de New-York que leurs licences ne leur seraient pas renouvelées, à moins qu'ils ne puissent justifier les variations fréquentes de leurs longueurs d'onde d'émission. Il est probable que lors du renouvellement des licences de 60 jours, 25 stations seront obligées d'arrêter leurs émissions. La Commission déclare, par ailleurs, que plus de 100 postes-émetteurs ne pourront continuer à transmettre, tant que de nouvelles longueurs d'onde, mieux réparties, ne leur seront pas attribuées. J. M.

CORRESPONDANCE

Les transports par voie ferrée et par route.

Nous recevons la lettre suivante :

Monsieur Alfred Soulier.

Cher Monsieur,

J'ai lu avec attention dans votre dernier numéro, l'information tirée de *The Electrician* relative aux transports par voies ferrées et par routes.

Me permettrez-vous de rectifier le sens d'une phrase qui a été un peu dénaturé à la traduction? Aux lignes 6 et 7, au lieu de « une loi leur donnant des droits au transport routier », il convient de lire « des taxes sur les transports routiers ».

Il s'agirait, en effet, de redevances prélevées sur les usagers de la route qui seraient attribuées aux Compagnies de chemins de fer. Celles-ci font valoir qu'elles ont eu à financer l'établissement de leurs voies, tandis que les transports routiers sont affranchis de la charge correspondante, puisqu'ils utilisent des voies publiques.

Il est peu vraisemblable qu'un Parlement, justement soucieux de l'intérêt général du pays, puisse accepter ce point de vue.

Le trafic routier a existé de tout temps et il paraît bien répondre à un besoin permanent puisque les routes n'ont pas été supprimées après l'établissement des chemins de fer. Si les transports routiers se sont beaucoup développés au cours des dernières années du fait des progrès techniques accomplis en matière de véhicules automoteurs et de revêtements des chaussées, on ne voit pas très bien pourquoi il y aurait lieu de les mettre à l'amende, au profit d'un système de transport établi postérieurement au réseau routier et qui n'en ignorait probablement pas l'existence.

Dans ces conditions, une taxation des usagers de la route ne constituerait ni plus ni moins qu'une « prime à l'imprévision » parfaitement anti-économique et anti-sociale.

Imagine-t-on, à Paris, le Métropolitain percevant des redevances sur les taxis et même les automobiles des particuliers sous prétexte qu'ils empruntent les rues de la Ville de Paris et n'ont pas eu à creuser des dizaines de kilomètres de galeries souterraines ?

Ces remarques me paraissent d'actualité, car il est possible que, en présence du milliard de déficit prévu pour l'exercice 1927, les dirigeants de nos Grands Réseaux soient tentés d'émettre des prétentions analogues à celles de leurs collègues anglais.

En quoi ils se montreraient assez mal inspirés, car une étude rationnelle de la question aboutirait certainement à la conclusion suivante : *ce sont les chemins de fer qui devraient payer redevance à l'automobile.*

Les Compagnies bénéficient, en effet, de la subvention occulte qui résulte de la dévalorisation de leurs charges financières due à la chute du franc. Il leur est légalement permis de rémunérer et de rembourser des francs avec des pièces de 4 sous.

Bien que nous soyons maintenus officiellement, depuis 9 ans, en période de « vacances de la loyauté » on peut espérer cependant que la France cessera un jour d'être un pays à « chiffons de papier ».

L'automobile, qui s'est surtout développée au cours des dernières années, alors que notre monnaie était déjà considérablement dépréciée, n'a pas donné lieu à une aussi grave spoliation des prêteurs.

Quant aux frais d'entretien des routes, on a déjà démontré qu'ils sont couverts *plusieurs fois* par les impôts et taxes diverses infligés aux usagers de l'automobile. Il convient d'être mis en garde contre les sophismes que l'on entend répéter à ce propos. On prétend faire supporter aux contribuables montés sur roues caoutchoutées la *totalité* des sommes consacrées au réseau routier par l'Etat, les départements et les communes !

On oublie simplement que, antérieurement à l'automobile, il y avait déjà un chapitre des « Routes » inscrit aux budgets de la nation et de ses subdivisions.

En bonne logique, la charge imposée aux transports automobiles ne devrait représenter que la *différence* entre le chiffre actuel et le chiffre d'avant-guerre, ces chiffres étant exprimés, bien entendu, avec la même unité monétaire. Bien plus, il convient de remarquer que les routes en macadam d'avant-guerre se dégradaient même en l'absence de tout roulage, du fait de la pluie, du vent, des gelées, etc. Les revêtements goudronnés ou bitumineux, que le développement de l'automobile tend à généraliser, diminuent considérablement l'usure des routes par les intempéries et par les véhicules hippomobiles. En bonne justice cette économie devrait être portée au crédit de l'auto.

Enfin ne conviendrait-il pas de mettre à la charge des chemins de fer les pertes de temps considérables devant les barrières fermées des passages à niveau?

On peut se demander à ce propos, si les frais de gardiennage ne dépassent pas largement les charges du capital que représenterait le remplacement des passages à niveau par des « passages supérieurs » quelque peu standardisés.

Les électriciens eux-mêmes ne doivent pas ignorer que, d'ores et déjà, le chiffre d'affaires des transports routiers (publics ou privés) en France dépasse la recette globale des chemins de fer, et l'écart ne peut aller qu'en s'accentuant dans l'avenir. Aux Etats-Unis, la proportion est déjà du simple au double. Il faut bien se dire que la Route rend aujourd'hui plus de services que le Rail.

C'est elle l'élément principal, l'autre n'est que le facteur secondaire.

Le plus tôt on s'en rendra compte en haut lieu, le mieux ce sera pour tout le monde.

Veuillez agréer, etc.

MARCEL DE CONINCK.

La reproduction des matières contenues dans L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE sans citation de ce journal est interdite.

Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus.

Digitized by Google

LA CONCENTRATION DES IONS HYDROGÈNE

(*Suite* [1]).

III. — Définition du coefficient p_H.

Réaction de neutralisation. — 1. Mélangeons en proportion équimoléculaire une solution d'une base forte BOH et une solution d'un acide fort AH. L'acide et la base sont presque complètement dissociés et les solutions renferment à peu près uniquement : la première, des ions B^+ et OH^- ; la seconde, des ions A^- et H^+. Après le mélange, les ions H^+ et OH^- mis en présence se recombinent presque totalement puisque le coefficient de dissociation de l'eau est très faible. L'équation de neutralisation peut s'écrire :

$$A^- + H^+ + B^+ + OH^- = A^- + B^+ + H^2O,$$

qui se réduit à :

$$H^+ + OH^- = H^2O,$$

en accord avec ce fait que la neutralisation d'une molécule-gramme d'un acide fort monobasique quelconque par une molécule-gramme d'une base forte monoacide quelconque dégage 13 400 calories.

2. Si l'on mélange, toujours en proportion équimoléculaire, une solution d'une base forte à celle d'un acide faible, le phénomène est plus complexe. La base est à peu près complètement dissociée et sa solution ne renferme que des ions B^+ et OH^-. Mais l'acide est loin d'être complètement dissocié et sa solution renferme, outre des ions A^- et H^+, des molécules AH non dissociées. Quand on mélange les deux solutions, les ions OH^- de la solution basique se combinent aux ions H^+ que renferme la solution acide pour donner de l'eau. Mais alors de nouvelles molécules de l'acide AH se dissocient pour reconstituer les ions H^+ qui ont disparu. Les ions A^- ainsi produits restent dans la solution, tandis que les ions H^+ se recombinent au fur et à mesure de leur production avec les ions OH^-, provenant de la solution basique, pour donner de l'eau. Il en est ainsi jusqu'à ce que tout l'acide ait été dissocié et que tous les ions H^+ que peut fournir cette dissociation aient disparu pour former de l'eau en se combinant avec les ions OH^- de la base.

Le mélange des deux solutions ne renferme alors, comme le mélange d'un acide fort et d'une base forte, que des ions A^- et B^+ et les quelques ions H^+ et OH^- que fournit la dissociation de l'eau.

Acidité vraie et acidité potentielle. — Ainsi, en ce qui concerne la neutralisation par une base, une solution d'un acide faible est équivalente à celle d'un acide fort de même normalité. Des solutions équimoléculaires, qu'elles soient d'acide fort ou d'acide faible, exigent pour être neutralisées la même quantité de base. Elles sont susceptibles de libérer au total le même nombre d'ions H^+. Elles ont la même *acidité titrimétrique*, ou, comme on dit quelquefois, la même *acidité potentielle*.

Mais ces solutions sont loin de posséder la même concentration en ions H^+, qui mesure l'acidité vraie actuelle d'une solution. C'est ce que montre le tableau où l'on a indiqué les acidités vraies mesurées par la concentration des ions H^+ de solutions de divers acides toutes décinormales, c'est-à-dire ayant la même acidité potentielle ou titrimétrique $\frac{N}{10}$.

ACIDES	$[H^+]$
Phénol	0,000 003
Acide borique	0,000 0074
Acide sulfhydrique	0,000 08
Acide carbonique	0,000 125
Acide acétique	0,001.35
Acides forts	0,1

Tandis que par litre la solution d'un acide fort (HCl, H^2SO^4) renferme sensiblement 1/10 d'ion-gramme de H^+, celle d'acide acétique n'en contient guère que 1/1000 et celle de phénol 3/1 000 000.

Pendant longtemps l'acidité potentielle a été seule envisagée. Elle est la plus facile à obtenir. C'est elle que donnent les titrages volumétriques. Mais l'acidité vraie ou actuelle est plus intéressante à connaître en ce qui concerne un grand nombre de phénomènes chimiques et surtout biologiques. « En résumé, écrit Vincent, nous voyons que l'acidité d'un milieu peut se définir au moyen de deux facteurs : un facteur de *quantité*, qui correspond à l'acidité potentielle, et un facteur d'*intensité*, à l'acidité actuelle. Une solution acide, normale en quantité, est une solution qui renferme un atome-gramme, par litre, d'hydrogène substituable, aussi bien à l'état d'ions qu'à l'état moléculaire, tandis qu'une solution normale en intensité, renferme un atome-gramme d'ions hydrogène par litre. Pour les acides forts ces deux normalités se confondent presque, mais pour les acides faibles elles sont très différentes. C'est ainsi que la liqueur normale (en quantité) d'acide chlorhydrique possède une concentration en ions H^+ de 0,8 environ, c'est-à-dire voisine de 1, tandis que pour l'acide acétique elle n'est que de 0,0044 [1] ».

Acidité des liquides. — L'acidité d'un liquide est déterminée et mesurée par la concentration des ions H^+ dans ce liquide. Ainsi que nous l'avons exposé précédemment, à la température 23°, une solution est acide ou basique suivant que la concentration de ses ions H^+

(1) Voy. *L'Industrie électrique* du 10 août 1927, p. 341 et du 25 août 1927, p. 370.

(1) Maurice Vincent. *La concentration en ions hydrogène et sa mesure par la méthode électrométrique*, p. 11.

Digitized by Google

est supérieure ou inférieure à 10^{-7}. La solution est neutre si la concentration des ions H^+ est égale à 10^{-7} : le nombre des ions OH^- étant lui aussi égal à 10^{-7}, la solution contient en effet autant d'ions H^+ que d'ions OH^-.

Un grand nombre de propriétés des solutions dépendent étroitement de la concentration des ions H^+ qu'elles renferment. D'où l'importance que présente la mesure de cette concentration.

Définition du coefficient p_H. — 1. La concentration des ions H^+ dans les solutions peut varier dans de très grandes limites. Ainsi dans une solution décinormale d'acide chlorhydrique qu'on peut supposer totalement ionisée, le nombre d'ion-gramme d'hydrogène par litre est environ 1/10 :

$$[H^+] = 10^{-1}.$$

Prenons une solution décinormale de soude qu'on peut aussi considérer comme complètement ionisée, la concentration des ions OH^- est 10^{-1} et, par suite, celle des ions H^+ est :

$$[H^+] = 10^{-13}.$$

Ainsi quand on passe d'une solution décinormale de soude à une solution décinormale d'acide chlorhydrique, la concentration des ions H^+ varie dans le rapport de 1 à 10^{12}. Dans la neutralisation de la solution décinormale de soude, le nombre des ions H^+ passe de 10^{-13} à 10^{-7} et varie dans le rapport de 1 à 10^6. La concentration des ions H^+ peut donc, au cours d'un même phénomène, varier dans des limites excessivement écartées, qu'il est impossible de représenter à la même échelle sur un graphique.

Afin de permettre la construction de tels graphiques, Sörensen a proposé un autre mode de notation qui est aujourd'hui généralement adopté. Ce mode de notation consiste à représenter l'acidité des solutions, non par la concentration même des ions H^+, mais par le logarithme changé de signe de cette concentration, qu'on désigne habituellement par le symbole p_H :

$$p_H = -\log[H^+] = \log\frac{1}{[H^+]} = \operatorname{colog}[H^+].$$

Les logarithmes intervenant ici sont les logarithmes vulgaires. On a donc :

$$[H^+] = 10^{-p_H}$$

d'où le nom d'*exposant des ions* H^+ sous lequel on désigne souvent le symbole p_H.

Le tableau suivant indique la relation entre la concentration des ions $[H^+]$ et l'exposant p_H.

	$[H^+]$	p_H
Solution basique	$< 10^{-7}$	> 7
Solution neutre	10^{-7}	7
Solution acide	$> 10^{-7}$	< 7

Ainsi l'exposant p_H va en diminuant à mesure que l'acidité augmente, ce qui choque un peu nos habitudes mentales.

De plus, la notation ne comporte aucun signe montrant nettement le passage de l'acidité à l'alcalinité. Le point neutre est caractérisé par la valeur :

$$p_H = 7 \text{ à } 23^\circ\text{C};$$

mais, à d'autres températures, il est caractérisé par des valeurs différentes. Enfin, il ne faut pas oublier que dans cette notation un accroissement de p_H d'une unité correspond à une réduction des ions H^+ à un dixième de sa valeur initiale.

2. D'autres notations ont été préconisées. L'une des plus intéressantes est celle de Giribaldo, qui a proposé de mesurer l'acidité par le logarithme du rapport $\frac{[H^+]}{[OH^-]}$.

Posons :

$$p_R = \log\frac{[H^+]}{[OH^-]}.$$

De la relation $[H^+]\,[OH^-] = K_e$, on tire :

$$\log[H^+] + \log[OH^-] = \log K_e$$

c'est-à-dire :

$$\log[OH^-] = \log K_e - \log[H^+].$$

Or on a :

$$p_R = \log[H^+] - \log[OH^-] = 2\log.[H^+] - \log K_e$$

soit :

$$p_R = 2p_H - \log K_e.$$

Supposons qu'on opère à 25°C., température pour laquelle :

$$K_e = 10^{-14} \text{ et } \log K_e = -14$$

on aura :

$$p_R = -2p_H + 14.$$

Voici, par exemple, quelques valeurs correspondantes de p_R et de p_H.

	$[H+]$	p_H	p_R
Solutions acides.	10^{-1}	1	+ 12
	10^{-4}	4	+ 6
Solution neutre	10^{-7}	7	0
Solutions basiques	10^{-10}	10	— 6
	10^{-14}	14	— 14

Dans cette notation les solutions acides sont caractérisées par une valeur positive de p_R, les solutions neutres par une valeur nulle de p_R, et les solutions basiques par une valeur négative de p_R. Le coefficient p_R croît donc avec l'acidité de la solution conformément aux modes usuels de représentation des grandeurs. Graphiquement le passage des solutions acides aux solutions basiques se caractérise par le passage à travers l'axe des abscisses.

Digitized by Google

Quelques valeurs de p_H. — A titre d'exemple, indiquons les valeurs de p_H pour lesquelles se produit le virage de quelques indicateurs utilisés en titrimétrie :

Méthylorange	environ	$p_H = 4$
Rouge de méthyle	—	$p = 6$
Tournesol	—	$p_H = 7$
Phénolphtaléine	—	$p_H = 8$.

Voici, d'après Michaelis, les valeurs moyennes du p_H de quelques liquides :

Le p_H du sang circulant est compris entre 7,35 et 7,40.

Le p_H d'urine est compris entre 5 et 7.

Le p_H d'un bouillon pour culture entre 7 et 7,5.

Celui de l'eau distillée non privée de CO^2 : environ 6, parfois même 5.

Celui du suc gastrique : de 1,5 à 2.

(*A suivre.*)

A. Boutaric,
Professeur à la Faculté des Sciences de Dijon.

DÉTERMINATION QUANTITATIVE DES QUALITÉS D'UN RÉCEPTEUR RADIOTÉLÉGRAPHIQUE

Il est de pratique courante d'effectuer des mesures quantitatives sur les éléments individuels des récepteurs radiotélégraphiques. Mais il est rare de voir les mêmes mesures faites sur des récepteurs entiers, en raison des difficultés que l'on rencontre alors, pour obtenir des résultats convenables. L'objet de l'article ci-dessous, est justement d'éclairer les points délicats de l'opération, de classer et définir les caractéristiques exigibles d'un appareil, et d'exposer les méthodes d'essais utilisées (1).

Introduction. — Dans l'étude et la mise au point d'un appareil comportant plusieurs organes, il est intéressant de procéder à des essais de l'ensemble, qui en déterminent les caractéristiques totales résultantes, aussi bien qu'aux essais individuels de chaque organe. Un récepteur radiotélégraphique est constitué d'une façon générale, par des appareils devant remplir les cinq fonctions suivantes : 1° Sélectionner une tension de fréquence déterminée, parmi plusieurs autres de fréquences différentes et voisines. 2° Amplifier cette tension sélectionnée. 3° En tirer une tension de fréquence audible; Amplifier cette tension de fréquence audible; 5° La convertir en énergie sonore.

Dans l'état actuel de la pratique, les fonctions 1 et 2 sont réalisées simultanément par l'amplificateur à haute fréquence à résonance, la fonction 3 par le détecteur, la fonction 4 par l'amplificateur à basse fréquence, et la fonction 5 par le haut-parleur. L'essai individuel de chacun des organes proposés à ces fonctions est relativement aisé; mais l'essai de leur assemblage, que nous appellerons pour simplifier : essai total, est plus compliqué.

On trouvera ci-après une description des appareils et méthode utilisés dans ce but par la General Electric Company.

Un essai total ne peut donner de résultats convenables qu'en réalisant les trois conditions essentielles suivantes : 1° Appliquer au circuit d'entrée de l'appareil en essai, une tension de haute fréquence de caractéristique et d'amplitude comparables à celle d'une réception normale. 2° Construire et disposer les appareils d'essai de telle sorte que le récepteur à étudier soit influencé par lui d'une manière connue, et soustrait aux actions parasites inconnues. 3° Contrôler les conditions de l'essai pour s'assurer que le récepteur n'aura été influencé par aucune perturbation électrique autre que celle du signal émis connu.

Description des appareils d'essai. — Les appareils qui permettent de remplir ces conditions se répartissent comme suit : un générateur de signal (que nous appellerons signal incident); un appareil de mesure et de contrôle de l'intensité; un réducteur de tension, une antenne fictive, et un voltmètre de débit. Une cage formant écran reçoit les deux premiers appareils, et une seconde cage semblable, les trois autres, ainsi que le récepteur à essayer. Le générateur est un émetteur de radiodiffusion, en miniature, avec modulation du système Heising (par contrôle d'anode, ou courant constant); il comporte : 1° un oscillateur à fréquence acoustique sur la gamme 40-11 000 per : sec. 2° Un oscillateur à haute fréquence couvrant la gamme 550-1500 kc : sec. 3° Un modulateur dont la grille est excitée par l'oscillateur à basse fréquence, et dont la plaque contrôle la tension d'anode de l'amplificateur à haute fréquence modulée. 4° Un amplificateur à haute fréquence modulée dont la grille est excitée par l'oscillateur à haute fréquence et dont la puissance est variable à fréquence acoustique sous l'influence du modulateur. 5° Un amplificateur de puissance (avec contrôleur de modulation), excité par l'amplificateur à haute fréquence modulée. Cet amplificateur de puissance alimente les appareils de mesure, et ceux de contrôle de l'intensité. Ceux-ci sont constitués par une mutuelle inductance variable dont le primaire est relié au générateur et dont le secondaire comporte : un condensateur d'accord, un ampéremètre thermique, et un réducteur de tension.

L'intensité traversant le réducteur est donnée par l'ampèremètre thermique, et peut être réglée par la variation de l'inductance mutuelle.

Ce réducteur est une self-inductance de forme spéciale, proposé et utilisé initialement par le Dr E. H. Williams de l'Université de Michigan.

Il consiste en une tige et une enveloppe toutes deux métalliques et coaxiales, terminées à une extrémité, par une

(1) *Journal of the A. I. E. E.*, juin 1927.

Digitized by Google

plaque également métallique et perpendiculaire à leur axe commun. Le point de rencontre de la tige et de la plaque est réuni à la terre. L'inductance par unité de longueur de cet ensemble se calcule facilement. Dans le cas précis qui nous intéresse, on s'est ménagé 5 prises distinctes donnant les valeurs respectives de 0,001, 0,0055 et 0,2 microhenrys. Pour une intensité de 0,5 à 350 milliampères, la tension peut donc varier de 1.5 à 22000 microvolts pour les fréquences extrêmes basses de la gamme 550-1500 kc : sec et 3 fois plus pour les fréquences extrêmes hautes. L'antenne fictive realise à peu près les caractéristiques d'une antenne moyenne de réception avec une hauteur effective de 10 m Le voltmètre de débit mesure la valeur efficace de la tension de fréquence audible à la sortie du récepteur, avec une échelle de graduation permettant les lectures de 0,2 à 250 v. indépendemment de la fréquence. L'impédance (160000 ohms) de ce voltmètre rend sa consommation propre négligeable comparée à celle du haut-parleur .

Quantités mesurées. — Les caractéristiques généralement démandées et mesurées, sont : la sensibilité, la sélectivité, et la qualité.

Dans certains cas, on peut aussi évaluer la radiation du poste même. La sensibilité est définie par le degré de réaction du récepteur sous l'influence de la fréquence à laquelle il est réglé.

Le débit d'un récepteur n'est pas directement proportionnel à l'intensité du champ excitateur. La sensibilité n'est donc pas une fonction simple, et son expression prend la forme d'une courbe. Il est cependant commode de la traduire comme le rapport de la tension à la sortie, à l'intensité du champ excitateur pour différentes tensions de debit. Cette méthode est analogue à celle que l'on rencontre dans l'étude des transformateurs pour comparer le rapport de transformation et la tension au secondaire pour différentes valeurs de la charge, plutôt que les deux tensions, primaire et secondaire.

Les dimensions du rapport de la tension à la sortie, à l'intensité du champ. se réduisent à une longueur. Dans ces conditions, et puisque le champ exprime un certain potentiel par mètre, on peut choisir le mètre comme unité de sensibilité. Un récepteur aura donc une sensibilité de 1 m, lorsque un champ de 1 v par mètre sur son antenne fournira une différence de potentiel de 1 v aux bornes du haut-parleur.

La sélectivité est le degré de possibilité de séparation entre signaux de fréquences différentes. Elle peut s'exprimer par une courbe montrant l'intensité du champ nécessaire pour maintenir une tension constante à la sortie du récepteur, quand la fréquence du champ varie. Cette intensité est donc minima pour la fréquence à laquelle on effectue la mesure, et doit croitre pour les fréquences qui s'en éloignent, par excès ou par défaut.

La qualité doit exprimer la fidélité de reproduction des sons. Pour faire des mesures précises en respectant cette définition, il serait nécessaire de pouvoir comparer la forme de la courbe de modulation à l'émission, avec celle de la courbe de tension appliquée au haut-parleur du récepteur. Il n'est guère possible d'effectuer des comparaisons aussi précises. On doit se contenter d'admettre que, la tension haute fréquence induite dans le circuit d'antenne est telle, que, si la qualité du récepteur est parfaite, les sons reproduits seront identiques à ceux appliqués au microphone de l'émetteur. Les mesures sur cette base expriment la tension à la sortie du récepteur, en fonction de fréquence de modulation, cette fréquence variant entre 40 et 10000 per : sec, en maintenant constantes les forces électromotrices induites dans l'antenne et la profondeur de la modulation à l'émission.

Un récepteur parfait débitera donc sous une tension constante et sa courbe de reproduction se réduira à une droite parallèle à l'arc des fréquences. Pour permettre des comparaisons entre divers récepteurs, on exprime généralement la tension à la sortie en pour cent de la même tension à une fréquence déterminée (1000 per : sec par exemple), en fonction de la fréquence.

Plus la tension est constante, plus la qualité du récepteur s'élève.

La radiation est le phénomène de l'émission d'onde. La distance à laquelle deux émetteurs peuvent communiquer dépend des hauteurs effectives de leurs antennes et des intensités qui s'y développent. Il est donc logique d'exprimer la puissance de radiation d'un émetteur en mètres-ampères. Certains récepteurs comportent un tube oscillateur, et il est possible de régler certains autres de telle façon que un ou plusieurs tubes deviennent générateurs. Dans les deux cas, il en résulte des perturbations sur les récepteurs voisins. Les essais doivent porter sur l'amplitude et la fréquence de ces perturbations. Les résultats s'expriment alors en mètres-ampères, car le récepteur peut être considéré en tant qu'émetteur et son champ à différentes distances peut être déterminé si les mètres ampères équivalents et les distances sont connus.

Méthodes d'essai. — La sensibilité, la sélectivité et la pureté sont des qualités plus ou moins interdépendantes, en sorte qu'il est impossible d'obtenir d'un récepteur le maximum de l'une d'elles sans que cela soit au détriment de l'une ou des deux autres. Lors de l'essai d'un récepteur, on cherchera donc à réaliser entre elles le meilleur compromis possible qui représentera alors les conditions moyennes de fonctionnement.

Sensibilité. — Le générateur local est réglé à la fréquence voulue, et sa profondeur de modulation à 50 pour 100 pour 1000 per : sec. La tension est amenée à une valeur convenable par le réducteur auquel est relié le circuit d'antenne du récepteur.

Le récepteur est ensuite réglé normalement sur l'onde incidente. L'essai débute en agissant sur le réducteur de telle sorte que la tension à la sortie du récepteur soit d'abord faible ; puis cette tension est élevée progressivement, jusqu'à ce que la grille de l'une des lampes du

Digitized by Google

récepteur devienne positive pendant une fraction d'alternance; le phénomène apparaîtra en premier lieu sur la dernière lampe amplificatrice à basse fréquence. Ce point constituera la limite admise de fonctionnement du système, sous peine d'introduire des distorsions sensibles.

Au cours de l'essai, on a relevé les caractéristiques suivantes : intensité de l'onde porteuse à travers le réducteur de tension; la prise de celui-ci qui fut utilisée, et la tension de débit. Le tracé des courbes de sensibilité ne peut s'effectuer qu'en connaissant l'intensité du champ pour ces diverses tensions. On l'obtient de la façon suivante : connaissant l'intensité dans le réducteur, sa fréquence d'oscillation, et la valeur de l'inductance correspondant à la prise utilisée, on peut en déduire la tension induite dans le circuit d'antenne. Le quotient de cette tension par la hauteur effective de l'antenne (10 m par exemple) fournira la valeur du champ de l'émission. On en déduit la sensibilité cherchée en mètres, en divisant un débit, exprimé en microvolts, par le champ excitateur correspondant exprimé en microvolts par mètre.

Le même essai doit être repris sur des fréquences d'oscillation différentes, de façon à connaître la sensibilité du récepteur sur plusieurs longueurs d'onde. La même remarque s'applique d'ailleurs aux autres types d'essais.

Sélectivité. — Le récepteur étant accordé sur la fréquence 160 kc:sec, par exemple, la fréquence de l'émetteur est réglée de telle façon, qu'en utilisant la plus forte valeur d'inductance du réducteur, et en cherchant l'intensité maxima à travers celui-ci, la tension soit nulle à la sortie du récepteur. La fréquence de l'émetteur est ensuite progressivement amenée au voisinage de celle du récepteur jusqu'à obtenir une faible tension (0,5 v par exemple) à la sortie du récepteur. A ce moment, en approchant de la résonance, en s'y arrêtant et en la dépassant aussi loin que possible en sens inverse, on chosit la prise du réducteur, et on règle l'intensité qui le traverse de telle façon que la tension de débit reste constante.

Au cours des variations de la fréquence porteuse incidente la fréquence et le degré de modulation restent inchangés. On relève alors les valeurs suivantes : fréquence intensité à travers le réducteur, inductance choisie du réducteur, tension constante à la sortie du récepteur. Le champ correspondant aux diverses fréquences est calculé de la même façon que pour l'essai de sensibilité. La courbe de sélectivité s'obtient ensuite en traçant la fréquence, en fonction du champ pour une tension de débit constante.

Pureté. — On déterminera par un essai preliminaire la fréquence audible pour laquelle la tension de débit est maxima. On réglera ensuite le récepteur pour que, à cette fréquence optima, la grille de la dernière lampe ne devienne jamais positive. La tension induite à l'entrée du récepteur est alors maintenue constante, tandis que la fréquence de modulation est variée de 40 à 10 500 per : sec, la profondeur de modulation étant toujours de 50 pour 100 La tension de débit est relevée pour chaque valeur de la fréquence. On trace ensuite la courbe de cette tension, en pour cent de la tension à une fréquence déterminée (généralement 1000 per : sec) en fonction de la fréquence de modulation. Plus ce tracé se rapproche d'une droite horizontale, moins la pureté de l'appareil est grande.

Radiation. — Ces mesures se divisent en deux catégories :

1° Mesure des radiations d'une antenne ou d'un cadre seuls;

2° Mesure des radiations combinées d'un récepteur et de son antenne ou cadre.

Dans le cas de récepteur avec antenne, les radiations de celle-ci rendent négligeables celles du récepteur. En sorte que la mesure de la radiation de l'antenne suffit dans ce cas. Mais en présence de cadres, dont les dimensions sont généralement comparables à celles des récepteurs, les radiations de l'un et de l'autre peuvent prendre la même importance. Il y a lieu d'effectuer les mesures se rapportant à l'un et à l'autre.

Dans le cas de l'antenne, on procédera comme suit : le récepteur à essayer est amené dans la même pièce que l'émetteur; dans une pièce adjacente, on placera un second récepteur, dit « témoin ». Le régulateur d'intensité et l'ampèremètre sont retirés du circuit du réducteur de tension que l'on connectera directement au circuit d'antenne du récepteur. Le témoin est relié à la prise la plus élevée du réducteur.

On s'assurera ensuite que le récepteur est réglé sur une onde porteuse quelconque, toute radiation de sa part traversera son circuit d'antenne (antenne fictive et réducteur de tension); sous cette influence, une certaine tension se développera aux bornes du réducteur qui viendra influencer le récepteur témoin dont la tension de débit caractérisera le phénomène. Le réducteur est alors retiré du circuit d'antenne et ramené à sa place primitive. Le témoin est connecté à la prise inférieure du réducteur et l'émetteur est réglé sur la fréquence de radiation précédente du récepteur, de telle façon que la tension de débit du témoin conserve sa valeur primitive. L'intensité fournie par l'émetteur, multipliée par le rapport entre les deux prises extrêmes du réducteur donne la valeur du courant qui circulait dans l'antenne réceptrice. Le produit de cette intensité, en ampères, par la hauteur effective de l'antenne, en mètres, exprime la radiation de l'antenne, en mètres ampères.

Pour évaluer les radiations combinées d'un récepteur et de son cadre, on les placera tous deux à proximité du réducteur avec un récepteur témoin voisin. Le récepteur est réglé sur une onde porteuse quelconque. S'il radie, il induira une certaine tension dans le réducteur, dont la valeur sera relevée.

On substitue ensuite au récepteur et au cadre, un circuit fermé dont la hauteur effective et la résistance

Digitized by Google

sont connues. Par le jeu de l'émetteur et du réducteur, on crée alors dans ce circuit, une intensité telle que la tension du réducteur soit la même que précédemment.

Le produit de cette intensité en ampères, par la hauteur effctive du circuit en mètres, représente les radiations combinées du récepteur et du cadre, exprimées en mètres-ampères.

Hauteur effective des cadres de réception. — Que les récepteurs travaillent sur antenne ou sur cadre, les essais en restent identiques; mais, sur cadre, la façon de déterminer l'intensité du champ appelle une précision. L'antenne fictive du dispositif d'essai est d'abord supprimée, et le réducteur est directement connecté au côté inférieur du cadre. La tension induite dans celui-ci est donnée exactement de la même manière que lors du circuit d'antenne. Mais, si l'on connaissait la hauteur effective de l'antenne fictive, il convient de déterminer celle du cadre approprié à chaque récepteur. Cette hauteur effective est un nombre simple, dont le produit, par la valeur du champ à composantes électrique et magnétique, donne la valeur de la tension induite dans son enroulement. En d'autres termes, une antenne et un cadre soumis simultanément à un même champ électromagnétique variable et qui deviennent le siège de forces électromotrices induites égales, possèdent des hauteurs effectives équivalentes. On peut montrer que la hauteur effective d'un cadre varie avec la fréquence du champ, la surface et le nombre des spires de son enroulement. Son expression est donnée par

$$H = 0{,}66\ NSF \times 10^{-9}$$

où :

H = Hauteur effective du cadre, en mètres.

N = Nombre de spires du cadre.

S = Surface couverte par l'enroulement, en cm².

F = Fréquence du champ en kilocycles par seconde.

J. M.

Nota. — On remarquera que peu à peu s'introduit en T. S. F. la notion de fréquence exprimée en *cycles par seconde* ou en kilocycles par seconde kc : sec, ce qui est évidemment plus rationnel que la longueur d'onde exprimée en mètres. Ces données sont du reste reliées par la relation

$$\lambda = vt$$

bien connue en physique.

N. D. L. R.

SONNERIE ÉLECTRIQUE DES CLOCHES EN VOLÉE

Le problème de la mise en volée automatique des cloches présente une importance assez grande dans les installations ordinaires des petites paroisses, une importance considérable dans les grandes églises qui, ordinairement, possèdent plusieurs cloches de forte taille. La mise en branle des masses campanaires nécessite au moins la présence d'un homme par cloche, et, si l'on a affaire à un bourdon puissant, il faut une installation dispendieuse. Or, aujourd'hui que le courant électrique circule à peu près partout, il vient tout naturellement à l'idée de l'utiliser pour remplacer la main-d'œuvre humaine qu'on n'a pas toujours facilement à sa disposition.

En fait, divers inventeurs ont fait breveter et construire des systèmes moteurs comportant des inverseurs, et destinés à assurer l'oscillation régulière à une amplitude donnée.

Parmi ces systèmes on peut signaler l'*Autosonneur* de M. Wust, ingénieur de la maison Wyss et Cᵒ, de Selon-court, Doubs, et le *Beffroi électrique*, construit et exploité par une Société parisienne, ayant son siège social, rue Nouvelle, à Paris.

Dans une chronique du journal *La Croix*, M. Lucien Fournier a donné quelques détails généraux sur le *Beffroi électrique*, en indiquant que la mise en branle d'une cloche de 1000 à 1500 kg demande une force d'un cheval-vapeur et demi, et que 2,5 ch-vapeur sont suffisants pour actionner régulièrement un bourdon de 20 000 kg.

Notre confrère cite un certain nombre de références récentes. Toutefois il fait deux remarques dont les intéressés ne peuvent faire autrement que de tenir compte dans l'intérêt de leurs finances, généralement limitées.

Parlant de l'inverseur de courant, organe fondamental d'une machine oscillante, il écrit : « Sa construction est trop compliquée pour être décrite ici ».

Et, pour finir, il ajoute : « Bien que l'équipement électrique, dont nous venons de parler, puisse s'appliquer au carillon, il serait peut-être désavantageux, parce que trop coûteux, de recourir à ce procédé qui, par contre, convient tout à fait pour actionner des cloches ordinaires d'un poids de 1000 kg, sans limite maxima ».

Cette réserve montre que la question de la sonnerie électrique des cloches n'est pas liquidée. Il y a encore de la place pour les inventeurs qui trouveront des appareils plus simples.

Il est évident qu'en cette affaire le moteur n'est rien. Il peut être quelconque et les intéressés n'ont que l'embarras du choix.

C'est l'inverseur qui est la pierre d'achopement de bien des systèmes.

Or, il se trouve qu'un ingénieur en propose un qui semble beaucoup plus simple que ceux déjà essayés. Cet ingénieur est M. L. A. Wisler.

Digitized by Google

Son invention, le *sonneur électrique*, est résumée dans la revendication de son brevet, que je cite textuellement :

« Dispositif caractérisé par l'utilisation, comme interrupteur d'une *masse conductrice astreinte à se déplacer sur une trajectoire déterminée*, fixe par rapport à la cloche, de telle sorte que cette masse soit soumise simultanément à l'action de la pesanteur et de la force centrifuge due au mouvement de la cloche. Exemple : la masse conductrice mobile est constituée par une certaine quantité de mercure enfermé dans un tube fixé sur la poulie d'actionnement du mouton de la cloche. »

La *masse conductrice mercurielle* est un interrupteur d'une simplicité remarquable. Son fonctionnement est schématiquement indiqué sur le croquis ci-joint. Le mercure se trouve dans un tube 2 complètement fermé et incliné de façon convenable, rigidement relié à la poulie 3 ou au mouton de la cloche. La poulie 3 est, bien entendu, calée sur l'axe 4 d'oscillation de la cloche 5.

Lorsque cette cloche se trouve dans la position de repos marquée par la figure ci-contre, la masse de mercure relie métalliquement les deux conducteurs 6 et 7 qui aboutissent à l'intérieur du tube 2. De cette manière, le circuit du moteur 8 est fermé dès qu'on agit sur l'interrupteur 9. En tournant, le moteur entraîne par la courroie 10 la poulie 3, dans le sens du redressement horizontal du tube, puis de son inclinaison en sens inverse.

La masse mercurielle quitte les conducteurs 6-7 seulement lorsque cette inclinaison en sens inverse a atteint un degré déterminé par une formule très simple.

Appelons m la masse en question, g l'accélération due à la pesanteur dans le lieu où l'on opère, a l'angle d'inclinaison du tube 2 après le dépassement de la position horizontale. La force qui tend à ramener le mercure vers l'extrémité 2 est $mg \sin a$.

Si nous appelons ω la vitesse de rotation de la cloche et p le rayon de giration de la masse, la force centrifuge qui tend à maintenir le mercure en 6-7 est $m\omega^2 p$. Par conséquent, le mercure ne quittera 6-7 que quand la relation

$$mg \sin a = m\omega^2 p$$

où

$$\sin a = \frac{\omega^2 p}{g}$$

sera satisfaite.

L'amplitude d'oscillation de la cloche dépend du rayon que l'on peut modifier par un calage convenable du tube 2.

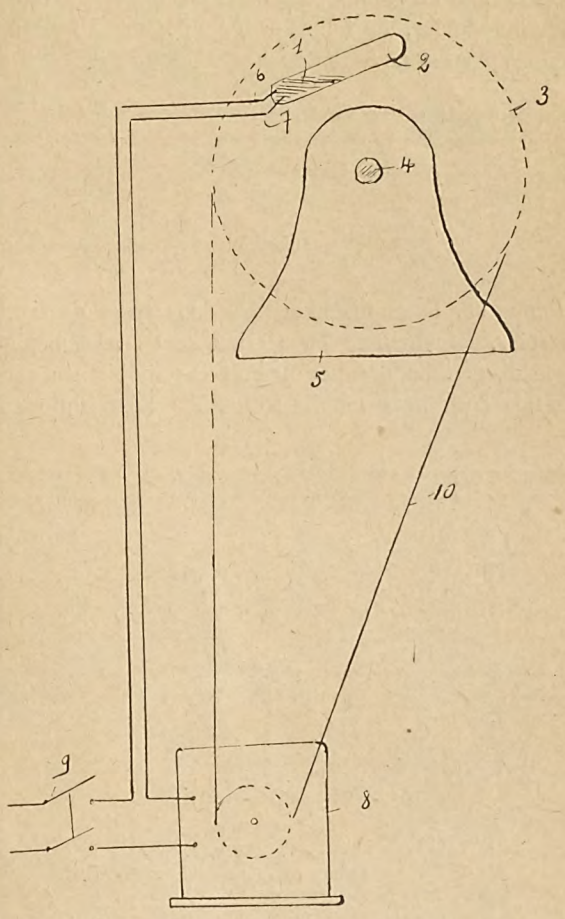
Dès que le mercure a quitté 6-7 le moteur n'est plus alimenté.

La cloche tourne en sens inverse et dépasse la position verticale pour atteindre celle dans laquelle le mercure, revenu en 6, aura de nouveau fermé le circuit. La volée se continuera jusqu'à ce qu'on agisse à nouveau sur l'interrupteur 9.

Le système qui vient d'être décrit sommairement comporte évidemment beaucoup de modalités diverses dans la description desquelles il serait oiseux d'entrer.

Ce qui apparaît nettement dans cette invention c'est le caractère de très grande simplicité de son principe.

Dans la pratique, le *sonneur électrique* en volée doit, comme tous les appareils similaires, être accompagné d'appareils de tintement permettant d'utiliser les cloches



Appareil pour la mise en volée des cloches.

sous la forme de carillonnage. Ces appareils de tintement n'ont rien de particulier, leur but étant simplement de soulever des marteaux extérieurs pour les laisser retomber sur le bord des cloches immobiles.

Ainsi que nous le faisions remarquer tout à l'heure, l'emploi des sonneries électriques automatiques en volée est limité par la dépense que peuvent se permettre les paroisses. Sous ce rapport il semble que l'appareil dont nous venons de parler présente de bonnes garanties de sécurité, tout en demeurant d'un prix abordable.

Léopold Reverchon.

Digitized by Google

LA SIGNALISATION SUR LES LOCOMOTIVES
DE CHEMIN DE FER

On sait quelles difficultés on a toujours rencontrer dans la mise au point de signaux, placés sur les voies de chemins de fer, de telle façon qu'ils soient facilement visibles par les mécaniciens et que ceux-ci puissent agir à temps sur leurs machines. Les deux types de signaux de voies, actuellement en service, sont : le sémaphore, et le disque. Le premier fournit ses indications par la position d'un bras mobile acticulé à l'extrémité supérieure d'un mât. Le second par le suivant : la couleur de son signal lumineux que des lentilles spéciales permettent de distinguer facilement à distance, en plein jour.

Le fond, ou l'arrière-plan, sur lequel on aperçoit le signal est particulièrement important avec le sémaphore. Le brouillard est aussi un élément d'erreur dangereux.

Ces deux modes de signalisation sur la voie ferrée sont donc imparfaits, puisqu'ils ne conservent pas au trafic la même sécurité par tous les temps.

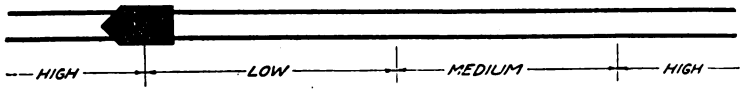


Fig. 1.
Signalisation automatique des trains.

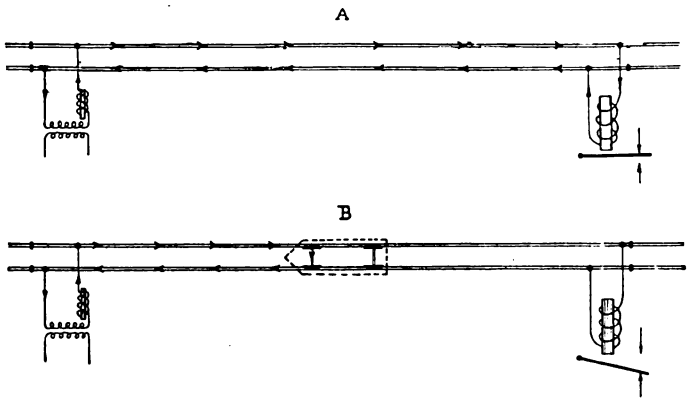


Fig. 2.
Circuit de voie à courant alternatif.

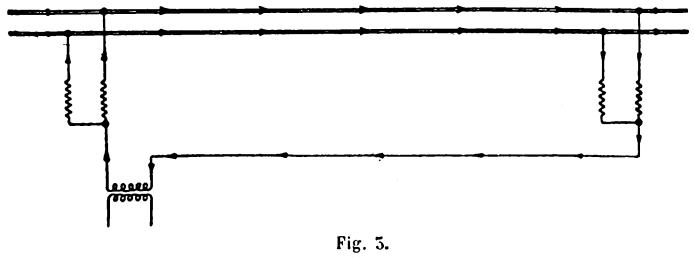


Fig. 3.
Circuit en boucle.

Il semblait donc intéressant de rechercher un dispositif placé sur la machine même, conservant une certaine forme tant que les conditions de parcours restent inchangées, et la modifiant en même temps que celles-ci. De nombreux travaux furent entrepris dans ce sens, et l'on aboutit récemment à des possibilités de réalisation, au moyen de circuits radiotélégraphiques pratiques, tenant le mécanicien au courant de la situation de la voie, que sa machine soit en marche ou à l'arrêt (1).

Le dispositif de ce genre, adopté par les chemins de fer de Santa-Fé est généralement appelé : Contrôle permanent à 5 vitesses.

Toute la signalisation est effectuée sur la locomotive même, sans aucune indication sur la voie.

La figure 1 montre un convoi en marche, qui reçoit de celui qui le précède un signal correspondant à la plus grande vitesse.

Ce convoi est immédiatement suivi d'une zone de signalisation de faible vitesse, qui se continue par une zone de vitesse moyenne, et se termine enfin par une zone de grande vitesse. Un convoi qui suit le premier, recevra, suivant la zone où il se trouve, un signal lui indiquant la vitesse à conserver.

Ce dispositif exige l'établissement de trois conditions électriques différentes qui sont réalisées par le réglage de circuits à courant alternatif placés sur les rails et qui créent un champ magnétique dans leur voisinage. Ce champ agit sur des appareils récepteurs situés à l'avant et à l'arrière de la locomotive. L'énergie captée par ces récepteurs est augmentée par deux étages d'amplification successifs et actionne finalement le dispositif de signalisation placé sur la machine.

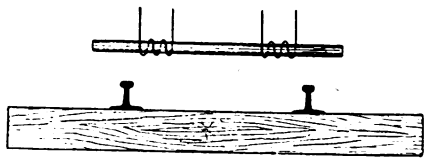


Fig. 4.
Circuit récepteur de la locomotive.

La voie est divisée en tronçons ou « sections de bloc » par des joints isolants entre rails régulièrement espacés de 1350 m. Chaque section comporte ses organes de signalisation individuels qui comprennent chacun deux circuits fonctionnant comme suit (fig. 2) : En A est représentée le circuit total d'une section.

Un petit transformateur alimente une extrémité du tronçon, à travers une impédance dont le but est de limiter l'intensité dans le circuit qui se ferme par : les rails d'une part, et l'essieu d'une locomotive engagée sur

(1) Journal *of the A. I. E. E.*, juillet 1927. M. Stevens.

Digitized by Google

la section. D'autre part, un relais placé à l'extrémité opposée de la section est en dérivation entre les rails. Un courant de fuite par le sol, de rail à rail, peut éventuellement prendre naissance.

En B, on retrouve le même tronçon parcouru par un convoi marchant de droite à gauche; le relais est alors mis en court-circuit par l'essieu de la locomotive, en sorte que son armature est relâchée et vient établir les contacts de repos. Ces contacts agissent sur les circuits de signalisation situés en aval indiquant la présence ou l'absence d'un convoi sur le tronçon considéré.

La figure 3 montre un circuit « en boucle » ou le courant emprunte les deux rails en parallèle, à travers deux groupes de chacun deux résistances reliées en dérivation, et un conducteur de retour monté sur des poteaux le long de la voie.

Le récepteur de la machine est donné schématiquement figure 4. Il consiste essentiellement en un noyau de tôles laminées, recouvert d'enroulements qui deviennent le siège de forces électromotrices induites de la part du champ magnétique développé autour des rails. L'avant de la locomotive et l'arrière du tender sont munis chacun

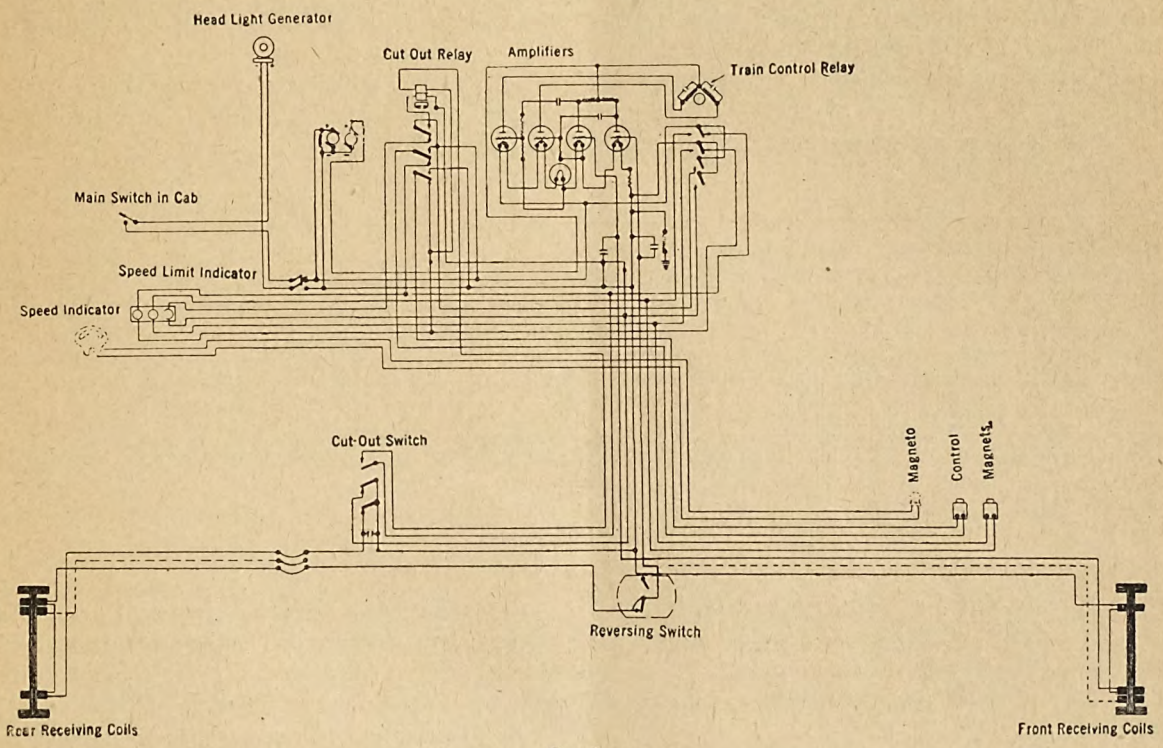


Fig. 5.
Schéma du dispositif de signalisation automatique placé sur la locomotive.

d'un collecteur de ce genre, situé à 15 cm environ au-dessus du niveau des rails, et de telle façon qu'ils soient actionnés avant que les roues de la machine ne viennent mettre la voie en court-circuit. Les enroulements sont connectés en addition de flux, pour une intensité dans les rails circulant en sens inverse de celui indiqué figure 2.

Le récepteur du tender reste insensible au système émetteur, puisque les roues de la machine ont déjà mis les rails en court-circuit lorsqu'il attaque le tronçon de voie. Les enroulements sont connectés en addition de flux pour le même sens de circulation du courant dans les deux rails. Ils travaillent donc dans les conditions réalisées, figure 3.

Le signal de « grande vitesse » est émis lorsqu'un convoi a dépassé d'une distance déterminée, le tronçon intéressé. Il est enregistré par les actions coordonnées des collecteurs avant et arrière de la machine, et pour les sens de circulation de courant dans chacun d'eux, qui viennent d'être spécifiés.

Le signal de « vitesse moyenne » est émis lorsqu'un convoi a dépassé d'une distance déterminée, plus faible que la précédente, le tronçon intéressé. Il est enregistré par les actions coordonnées des collecteurs avant et arrière de la machine, et pour un courant de sens inverse, dans le dernier.

Le signal de « vitesse réduite » est émis lorsque le convoi est encore plus rapproché du tronçon. Il est enregistré lorsque les deux collecteurs sont simultanément sans excitation.

Le relais de signalisation, placé sur la machine, est à deux éléments : l'un, excité par induction sous l'influence du courant qui parcourt la voie dans les conditions de la figure 2, alors que les essieux de la machine ne mettent pas encore la voie en court-circuit, l'autre excité par le courant du circuit fermé suivant la figure 3. La partie active de ce relais est semblable aux organes d'un compteur d'énergie électrique.

Pour obtenir trois indications différentes avec ce même

Digitized by Google

organe, il faut que le disque puisse tourner dans les deux sens, et fermer différents contacts dans chaque sens. Il peut encore fonctionner par gravité; il convient alors de renverser la polarité du courant dans le collecteur arrière.

La figure 5 donne le schéma du dispositif récepteur complet de la locomotive. On y remarque, sous le relais de signalisation, les différents contacts faisant apparaître les indications lumineuses aux mécaniciens, derrière un cadran transparent où peuvent être portées des indications telles que « grande », « moyenne », « réduite », se rapportant à la vitesse autorisée. Le relais commande aussi deux valves électropneumatiques dites « électro-aimants de contrôle » qui règlent automatiquement la vitesse du convoi sans intervention de la part du mécanicien.

La figure 6 est une reproduction plus détaillée des dispositifs placés sur la voie, schématiquement indiqués, figures 2 et 3.

On y remarque une ligne d'alimentation triphasée dont l'équilibrage est assuré en faisant débiter chacune des phases individuellement, sur des longueurs de voies identiques.

Les secondaires des transformateurs des lignes sont à circuit double (110 par circuit) permettant une inversion facile de la polarité relative du courant dans les circuits, sans avoir besoin d'inverseurs compliqués.

Le courant permanent dans les rails peut être appelé « courant de voie » et celui traversant les contacts des divers organes de contrôle « courant de signalisation ». Dans ces conditions :

Pour émettre les signaux « grande vitesse », ces deux courants doivent agir, et, de plus, le second doit posséder une polarité relative convenable.

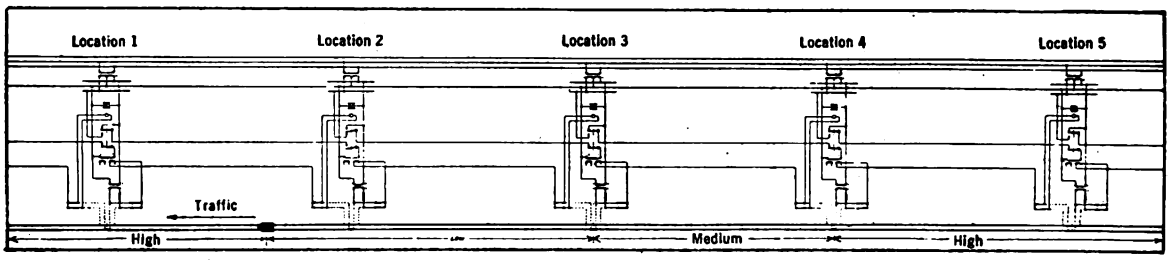


Fig. 6.
Circuit de voie.

Pour émettre le signal « vitesse moyenne », les deux courants doivent agir, et, de plus, le second doit prendre une polarité inverse de celle du cas précédent.

Pour émettre le signal « vitesse réduite », deux cas se présentent :

Dans l'un, entre les situations (« location » sur la figure 6) 1 et 2, où le relais de signalisation est mis en court-circuit par les essieux de la machine. Dans ces conditions, le « courant de voie » est supprimé sur le tronçon.

Dans l'autre cas (situation 2), le relais n'est pas excité et l'alimentation du primaire du transformateur de la figure 3 est supprimée. Dans les deux cas, l'un des éléments du relais de signalisation de la machine se trouve privé d'alimentation, et son rotor, tombe, par gravité, en établissant le contact de « vitesse réduite ».

Le nom commercial du dispositif : « Contrôle permanent » dérive parfaitement son principe de fonctionnement. Il semble d'une réalisation particulièrement simple. Mais sa mise au point a démandé plusieurs années d'étude. Il a donné lieu à des observations très intéressantes sur les dérivations possibles d'un courant porté par des conducteurs reliés à la terre, comme des rails de chemins de fer boulonnés sur des traverses, et sur les effets inductifs de lignes parallèles parcourues par des courants de même fréquence.

Les systèmes de ce genre se justifient non pas seulement par leur élégance de fonctionnement, mais exclusivement parce qu'ils suppriment les signaux de la voie qui ne sont pas toujours visibles, et qu'ils parent à l'éventualité d'une incapacité accidentelle du mécanicien d'un convoi. Il reste évidemment à débattre si cette automaticité peut être garantie parfaite; mais néanmoins, la question est dès maintenant amorcée.

D'autres dispositifs ont été mis en œuvre dans le même but que celui-ci; mais ils ne présentent pas son caractère réellement intéressant de permanence, et la suppression totale des signaux sur la voie; ils ont surtout pour but d'informer le mécanicien d'une infraction aux conditions imposées par des signaux mal interprétés ou brûlés. Il n'y a pas auto-sécurité comme ici, et, de ce fait, ils semblent incomplets.

L'avenir seul justifiera l'exactitude de cette opinion.

Le système dont on vient de lire la description montre jusqu'à quel point vont les conceptions audacieuses des Américains qui n'hésitent pas à supprimer la main de l'homme partout où un oubli de sa part peut avoir un effet néfaste.

J. M.

Digitized by Google

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 20 juin 1927.

L'électron magnétique et la mécanique ondulatoire (1), par M. L. Rosenfeld.

Note essentiellement mathématique, voyez les *Comptes rendus*.

Sur une disposition de cage de Faraday pour radiotélégraphie, par MM. Beauvais et Mesny.

L'emploi des cages de Faraday est bien connu en radiotélégraphie pour empêcher les ondes électromagnétiques d'actionner un récepteur, soit que l'on mette l'émetteur dans la cage, soit qu'on y mette le récepteur. C'est ainsi que lorsqu'on a à effectuer des mesures de champs électromagnétiques, on enferme une hétérodyne dans une cage de Faraday, formée d'un coffre métallique, duquel on ne laisse sortir, au moyen de dispositifs convenables (bobines sinusoïdales, par exemple), que la quantité de haute fréquence que l'on désire.

Malheureusement en pratique il est difficile et souvent impossible d'empêcher l'hétérodyne de venir influencer les appareils de réception, étant donné la sensibilité considérable des amplificateurs employés. L'émission de l'hétérodyne s'échappe au dehors par le joint de la porte qui ferme la cage, malgré les précautions que l'on prend d'avoir une porte fermant bien, et de la serrer contre la cage au moyen de vis de pression.

Pour obvier à cet inconvénient, on est amené soit à éloigner de quelques mètres la cage des appareils, soit à mettre plusieurs cages l'une dans l'autre, ce qui augmente toujours la difficulté des manipulations.

Ceci est dû au fait que, malgré les précautions précédentes, le métal de la porte et le métal de la cage présentent entre eux une certaine résistance de contact, suffisante pour modifier le libre passage des courants induits de haute fréquence qui circulent dans les parois. Il en résulte que la distribution dans ces parois des courants et des potentiels qui devraient contre-balancer les champs électromagnétiques émis par l'hétérodyne se trouvent perturbés, et que, par suite, la compensation n'a pas lieu.

On obvie à ces inconvénients en constituant la cage par un coffre formé de plaques de métal soigneusement soudées, et dont le couvercle horizontal s'emboîte dans une rainure ménagée à la partie supérieure de la boîte. Si les parois de cette rainure et le couvercle horizontal sont constitués par un métal amalgamé et si l'on remplit la rainure de mercure, le simple fait d'y placer le couvercle constitue entre ce dernier et la cage une véritable soudure.

Dans ces conditions, une hétérodyne enfermée dans la cage n'influence plus aucunement un appareil de réception placé à l'extérieur.

Il est alors facile, en prenant les précautions habituelles (fil sous plomb, etc.), de faire sortir de la cage les fils allant aux appareils de mesure, sans que ceux-ci ne reçoivent d'autres courants que ceux que l'on désire y envoyer, et les appareils peuvent être placés sur la cage elle-même.

(1) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 958.

Séance du 27 juin 1927.

Méthodes et appareils pour la mesure de la dureté hertzienne (1), par M. Robert Esnault-Pelterie.

Hertz a donné une théorie de la déformation de deux corps durs et élastiques pressés l'un contre l'autre en se basant uniquement sur les équations générales de l'élasticité et la loi de Hooke. Il définit la dureté d'un corps par la pression p_m qui règne au centre de la surface de contact au moment où une fêlure apparaît dans ce corps. Il n'opérait que sur des corps transparents et cassants et observait le cercle de contact et les fêlures par transparence, le premier étant déterminé par le bord intérieur du premier anneau d'interférence ou par le diamètre de la première fêlure.

Mes méthodes et appareils ont pour but de rendre la théorie de Hertz utilisable pour les corps opaques et spécialement les aciers durs. Ces corps n'étant pas cassants, je modifie la définition de Hertz de la manière suivante : la dureté est mesurée par la pression p_m qui règne au centre du cercle de contact de deux sphères égales de rayon $r = 1$ au moment où le diamètre de contact cesse de suivre la loi de Hertz :

$$(1) \qquad d = 1{,}761 \sqrt[3]{\frac{Fr}{E}}$$

(F en kilogrammes, r et d en centimètres, E en kilogrammes par centimètre carré).

Première méthode, premier appareil. — Les deux sphères sont pressées l'une contre l'autre au moyen d'un levier à couteaux permettant de connaître exactement la force totale de pression F. L'une des sphères, préalablement recouverte d'une couche très mince de sulfure d'argent peut, après chaque compression, être présentée devant un microscope pour la mesure de plusieurs diamètres du cercle de contact qui apparaît en sombre sur fond clair. On prend pour valeur de d la moyenne des mesures et l'on trace la courbe $d = f(F)$ qui suit toujours assez exactement et quelquefois à plus du centième la loi (1) jusqu'à un point anguleux au delà duquel elle se poursuit en festons successifs. D'après ma définition, le premier point anguleux indique la charge totale de limite élastique de celle des deux sphères qui a cédé la première.

La mesure de plusieurs diamètres après chaque pression est lente, l'œil se fatigue, et si la couche de sulfure n'est pas très bien réussie, les bords du cercle peuvent être moins bien définis et la position exacte du premier point anguleux peut devenir ambiguë.

Principes utilisés pour éliminer ces inconvénients. — Il fallait trouver une méthode où la mesure dépende directement de l'aire de la surface de contact et non de son diamètre. La résistance électrique R à travers cette surface remplit cette condition et a l'avantage que son inverse soit, théoriquement, proportionnel à d (2). Pratiquement les résistances additionnelles, surtout celle de la couche de passage, troublent la loi, mais l'alignement des points sur une courbe est tellement meilleur qu'avec la première méthode que les points anguleux ne sont presque jamais ambigus.

Si, par ailleurs, on observe au microscope dans le plan même de la surface de contact, on voit deux cornes lumineuses dont la distance entre pointes devrait être égale au diamètre de contact, mais cela ne se réalise qu'avec les rayons X; avec la lumière visible, les interférences empêchent la lumière de dessiner les pointes extrêmes des cornes (sauf une fois en lumière polarisée sans que j'aie jamais pu reproduire le phénomène) et la distance mesurée d_1 est supérieure au d réel. Pratiquement on a la loi

$$(2) \qquad d_1 = a\,d + b.$$

(1) Séance du 13 juin 1927.
(2) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1422.

Digitized by Google

Deuxième méthode, deuxième appareil : Pour séries de mesures sur corps de même E. — On fait, avec le premier appareil, une série unique de mesures de d, puis, avec le second appareil, on mesure pour chaque échantillon $\frac{1}{R}$ et d_1. La courbe $\frac{1}{R} = f(F)$ donne, par son premier point anguleux, la charge totale de limite élastique. Prenant alors, parmi les mesures de d, celles qui sont franchement au-dessous de cette limite, on en déduit un E moyen que la pratique montre être toujours satisfaisant, même si la définition des circonférences de contact était défectueuse. De cet E_m on déduit les d de la loi de Hertz et on leur compare les d_1 mesurés, ce qui détermine a et b par (2).

A partir de ce moment et pour les autres échantillons, il suffit de mesurer $\frac{1}{R}$ et d_1 pour en tirer d par (2), puis E et p_m par les formules de Hertz.

Remarque. — a et b devraient être indépendants de la nature du corps en expérience, je n'ai pas encore assez d'expérience pour être certain qu'en pratique il en est bien ainsi.

Résultats. — Hertz et Auerbach avaient trouvé pour le quartz perpendiculairement à l'axe $p_m = 308$ kg : mm², parallèlement à l'axe $p_m = 230$ kg : mm² dont la moyenne est de 269 kg : mm² et j'ai trouvé pour du cristal de roche 271 kg : mm². Pour du quartz fondu les auteurs ci-dessus donnent 223 kg : mm² et pour de la silice (sable de Fontainebleau) fondue je n'ai trouvé que 189 kg : mm².

Pour différents aciers, j'ai eu :

QUANTITÉ du métal essayé.	CHARGE TOTALE de limite élastique.	DURETÉ hertzienne.
Bonnes billes du commerce. .	65 kg	393 kg
Acier cimenté-trempé très dur.	95	458
Acier nitruré n° 2.	94	450
Acier nitruré n° 3.	165	536
Acier nitruré n° 5.	186	577

Les deux moments magnétiques de l'atome, par M. Raoul Ferrier.

Je vais rappeler sommairement les deux manières suivant lesquelles on peut tenter d'assimiler, au point de vue magnétique, un atome à un petit aimant (ou à un petit circuit), en mettant en évidence son *moment magnétique* :

1° On mesure les *actions exercées sur la particule* par un champ magnétique donné $\mathcal{H}$; on obient ainsi un couple et une force résultante. Si le couple était accessible aux mesures, il permettrait de déterminer le moment magnétique M, puisqu'il est égal à $[M, \mathcal{H}]$.

Mais le couple n'est pas accessible dans le cas de l'atome, et l'on doit recourir à l'observation de la force résultante, d'après la déviation qu'elle imprime aux corpuscules projetés, entre les armatures, avec une vitesse convenable. Elle n'existe, d'ailleurs, que *si le champ n'est pas uniforme*, le couple subsistant seul dans le cas contraire. Son expression, en fonction de la déviation observée et du moment M, a été donnée par Gerlach.

Il résulte des expériences effectuées sur l'atome d'hydrogène (1) que la valeur de M peut être exactement calculée *a priori* en appliquant la force de Lorentz $\frac{e}{c}[v, \mathcal{H}]$ à l'électron mobile sur une orbite qui est précisément celle qu'a déterminée Bohr par l'étude des spectres. La valeur de M, ainsi mesurée et justifiée théoriquement, est le *moment de Bohr.*

2° On peut mesurer aussi le champ magnétique *produit par la particule.* Ce champ dérive du potentiel $\left(M', \text{grad}\frac{1}{r}\right)$, M' étant le moment magnétique, déterminé de cette nouvelle manière; on appellera *moment de Weiss* sa valeur pour une molécule donnée.

Si l'on cherche à justifier théoriquement cette valeur, d'après les lois ordinaires de l'électromagnétisme, on n'y parvient pas. Le champ magnétique, calculé d'après la formule (1) : $\frac{e}{e}\left[v, \text{grad}\frac{1}{r}\right]$, appliquée à l'électron, conduit à attribuer à l'atome non pas le moment M', comme le veut l'expérience, mais la valeur M trouvée précédemment par le moment de Bohr, et qui n'a aucune commune mesure avec la valeur du moment de Weiss, M', directement observée dans le cas des substances magnétiques.

Une *molécule isolée* ne pourrait donc pas être assimilée à un aimant élémentaire, puisque l'on mesure deux valeurs différentes, M et M', du moment magnétique, au lieu d'en obtenir une seule indépendante de la méthode employée

Contrairement à ce qu'ont pu penser certains auteurs, cette discordance entre les deux valeurs M et M' ne constituerait pas une difficulté de la théorie atomique, en admettant, bien entendu, l'exactitude des faits observés. Elle indiquerait seulement que la formule (1), employée pour calculer le champ magnètique d'un électron mobile, est inexacte; cela n'a rien d'étonnant, car on sait déjà que la théorie de Maxwell-Lorentz conduit à un échec lorsqu'on l'applique à la mécanique atomique.

Bien plus, l'indépendance de M et M' entraînerait une conséquence remarquable : si l'on veut satisfaire à l'*égalité de l'action et de la réaction* entre la *molécule isolée* et l'*aimant* producteur du champ, il faut que le couple exercé sur la molécule par l'aimant compense le couple exercé sur l'aimant par la molécule. Cette compensation n'est possible que si les moments M et M' se trouvent placés parallèlement au champ $\mathcal{H}$: dans le cas de l'atome d'hydrogène, l'orbite de l'électron doit donc s'orienter *perpendiculairement au champ magnétique.* C'est précisément ce que vérifient les expériences de Gerlach, ainsi que l'effet Zeeman, qui servent de base aux formules de la quantification.

Je signale, à ce sujet, que j'ai été conduit, dès 1925, à annoncer cette possibilité d'indépendance entre les moments M et M' : j'avais dit que rien ne s'opposait à ce que le moment M' fût nul, comme c'est effectivement le cas pour les corps non magnétiques. On peut préciser ce point de vue (1) grâce à une hypothèse complémentaire que voici :

L'étude des équations générales du champ électrique dans le vide

$$\Delta\mathcal{E} = -\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\mathcal{E}}{\partial t^2} + \frac{2}{c}\frac{\partial}{\partial t}\,\text{rot}\,\mathcal{H},$$

$$\Delta\mathcal{E} = +\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\mathcal{E}}{\partial t^2} - \frac{2}{c}\frac{\partial}{\partial t}\,\text{grad}\,\mathfrak{A}$$

fait apparaître, dans l'expression de la variation d'énergie, pendant le temps dt, le terme $c\,dt\,\Sigma e\mathfrak{A}$, où $\mathfrak{A}$ désigne l'*Ampérien* au point occupé par la charge e. Ce terme devrait être nul lorsque l'atome est en régime stable. Or, une telle condition peut être remplie soit par le fait que $\mathfrak{A}$ *est constamment nul sur chacune des charges*, soit parce que les diverses parties de la somme, non nulles séparément, *se compensent sans cesse.*

(1) Phipps et Taylor, *The Physical Review*, 29, 1927, p. 309-320.

(1) *Les nouveaux axiomes de l'Electronique*, 1925, p. 54 et 55 (Librairie A. Blanchard) : *Quelques idées sur l'Electrodynamique*, 1927, p. 23-25 et 35-38 (Librairie A. Blanchard); *L'Oscillateur de Planck* (*Comptes rendus*, 184, 1927, p. 585).

Digitized by Google

Le premier cas correspondrait à la molécule *diamagnétique* ($M' = 0$), le second à la molécule *paramagnétique* ($M' \neq 0$), dont la stabilité ne serait ainsi obtenue que par une sorte d'artifice, corrélatif de l'espèce de *remaniement* de la carcasse électronique, observé chez les atomes magnétiques, dans le système périodique de Mendelejeff.

Déformations électriques du quartz, par M. Ny Tsi Ze.

Les déformations du quartz sous l'influence du champ électrique ont donné lieu, dans ces dernières années, à d'importantes applications, ayant pour origine la possibilité de produire un régime vibratoire au moyen d'un champ alternatif. Toutefois ces déformations ont été peu étudiées d'une manière quantitative, depuis que les frères Curie ont montré l'existence des déformations électriques, phénomène inverse des phénomènes piézo-électriques qu'ils avaient découverts.

C'est pourquoi nous avons entrepris la mesure directe de ces petites déformations par la méthode des interférences lumineuses, dans un champ électrique constant, c'est-à-dire en régime statique. Le dispositif expérimental est analogue à celui de Fizeau, permettant d'observer le déplacement relatif d'une surface fixe et d'une surface subissant le déplacement étudié.

En établissant un champ électrique suivant la direction de l'axe électrique d'un parallélépipède rectangle de quartz, ayant quatre arêtes parallèles à l'axe optique et quatre arêtes parallèles à l'un des axes binaires, nous avons étudié ces déformations dans les trois directions définies par ce parallélépipède.

Déformations dans la direction normale aux axes optique et électrique. — Nous avons étudié ces déformations pour trois lames de 46,74 mm, 45,48 mm, 50,66 mm de long et de 0,50 mm, 5,29 mm, 2,52 mm d'épaisseur, et sous des tensions variant de 200 v à environ 40 000 v.

Lorsque l'on charge positivement la face normale à l'axe électrique qui deviendrait négative par une compression exercée dans la direction de cet axe, la lame se dilate. Inversement la lame se contracte lorsque le sens du champ électrique est contraire au précédent.

Pour les faibles potentiels, nous avons trouvé la déformation prévue, proportionnelle à la différence de potentiel, avec une constante $6{,}4 \times 10^{-8}$ sensiblement égale à celle déterminée par Curie dans le phénomène direct : ceci constitue une confirmation numérique de la théorie de Lippmann.

Mais pour les grandes différences de potentiel, un fait nouveau et important se manifeste : la déformation ne croît plus proportionnellement au potentiel, et paraît tendre vers une limite. Il semble que celle-ci serait près d'être atteinte pour une différence de potentiel de l'ordre de 160 000 v.

Dans les limites des potentiels expérimentés, on a la déformation piézo-électrique

$$\Delta l_1 = \pm 6{,}4 \times 10^{-8} \frac{l}{d} \times 114 \left(1 - e^{-\frac{V}{114}}\right),$$

où l est la longueur de la lame dans la direction normale aux axes optiques et électriques, et d l'épaisseur dans la direction de l'axe électrique, Δl_1 est exprimé ici en centimètres et V en unités électrostatiques C. G. S.

Au phénomène inverse de la piézo-électricité se superpose un allongement provenant de la déformation diélectrique, commune à tous les isolants, qui n'est sensible qu'aux potentiels élevés et qui a pour valeur

$$\Delta l_2 = + 6{,}5 \times 10^{-12} l \left(\frac{V}{d}\right)^2.$$

Déformations dans la direction de l'axe électrique. — La déformation suivant l'axe électrique est indépendante des dimensions; pour le vérifier nous avons employé plusieurs fois une même lame en diminuant successivement son épaisseur. Nous avons multiplié la déformation en opérant sur une pile de 12 lames, chacune de 5 mm d'épaisseur, orientées de telle manière que leurs déformations s'ajoutent. La déformation par unité de longueur est égale et de signe contraire à celle qui se produit dans la direction normale aux axes optique et électrique. A la déformation piézo-électrique est superposée ici une contraction provenant de la déformation diélectrique. Les déformations dans cette direction peuvent être exprimées par la formule

$$\Delta d = \pm 6{,}4 \times 10^{-8} \times 114 \left(1 - e^{-\frac{V}{114}}\right) - 5{,}5 \times 10^{-12} \frac{V^2}{d}.$$

Déformation dans la direction de l'axe optique. — Dans cette direction, nous avons observé et mesuré un faible allongement avec une lame de 59,5 mm de long et de 3 mm d'épaisseur. C'est purement une déformation diélectrique. Elle est donnée par la formule

$$\Delta l' = + 6{,}5 \times 10^{-12} l' \left(\frac{V}{d}\right)^2.$$

C'est probablement à cette déformation qu'il faut rapporter la troisième fréquence naturelle du quartz en résonance (1).

Une lame de quartz dont la déformation est une fois étudiée peut servir pour la mesure des différences de potentiel. Pour éliminer l'effet de la déformation diélectrique, on opère par différence en renversant le champ électrique de sorte que la déformation réelle est alors moitié de celle que l'on observe et les erreurs relatives sont ainsi rendues deux fois plus petites.

Pour donner une idée de la grandeur des phénomènes, on observe, dans la direction normale aux axes optique et électrique, une déformation de 2,9 franges de la raie verte du mercure, au potentiel, de 2430 v, avec la lame de 46,74 mm de long et de 0,30 mm d'épaisseur; et une déformation de 3,5 franges au potentiel de 39 500 v, avec la lame de 50,66 mm de long et de 2,52 mm d'épaisseur. On réalise ainsi des électromètres pouvant servir à mesurer des tensions très différentes avec des lames plus ou moins épaisses.

Les déformations du quartz paraissent instantanées et dépourvues d'hystérésis; elles sont très régulières.

Sur la conductivité de l'acide fluorhydrique, par Maurice Auméras.

L'application d'une méthode expérimentale purement chimique nous a conduit dans un précédent travail (2) à admettre, tout au moins dans les conditions de nos expériences (3), une seule dissociation de l'acide fluorhydrique suivant l'équilibre

$$\overset{+}{\mathrm{H}} + \overset{-}{\mathrm{F}} \rightleftarrows \mathrm{H\,F}.$$

La constante de dissociation électrolytique correspondant à cet équilibre serait, à 25°, d'après nos déterminations, égale à

$$16{,}7.10^{-5} \text{ (unité de volume : le litre).}$$

A la même température et pour des solutions suffisamment concentrées, H. Pick (4) envisage une dissociation complexe de

(1) Hund, *Proceedings of the Institute of Radio-Engineers*, 14, IV, août 1926, p. 447.

(2) M. Auméras. *Contribution à l'étude des équilibres ioniques* (*Thèse*, Montpellier, 4 décembre 1925).

(3) Grand excès d'ions $\overset{+}{\mathrm{H}}$ par rapport aux ions $\overset{-}{\mathrm{F}}$.

(4) H. Pick, *Nernst Festschrift*, 1912, 374.

Digitized by Google

l'acide fluorhydrique exprimée, à 25°, par les équations

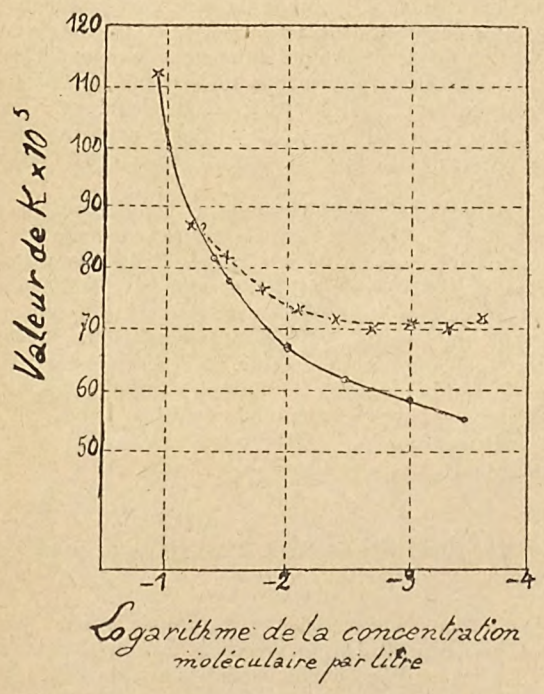
$$\left(\overline{F}\right)\left(\overset{+}{H}\right) = 7{,}2.10^{-4}\,(HF),$$

$$(HF)\left(\overline{F}\right) = \frac{1}{5.5}\left(\overline{HF^2}\right).$$

Les constantes $7{,}2.10^{-4}$ et $\frac{1}{5{,}5}$ sont calculées par H. Pick à partir des mesures de la conductivité électrique de l'acide fluorhydrique dues à W. Ostwald (1).

Nous nous sommes proposé d'étudier à nouveau cette conductivité en opérant sur l'acide fluorhydrique rigoureusement pur, alors que W. Ostwald reconnaît que l'acide employé par lui contenait de petites quantités d'acide hydrofluosilicique.

Ne pouvant disposer d'appareil distillatoire en platine, nous avons pensé réaliser la distillation dans la paraffine, à la température ambiante, en produisant un vide suffisant dans l'appareil. Dans ce but, sous une cloche en verre bien paraffinée, dans laquelle nous faisons le vide, nous avons placé côte à côte deux cuvettes en paraffine, l'une contenant une solution concentrée d'acide fluorhydrique, l'autre de l'eau



bidistillée. Ainsi l'acide fluorhydrique distillait de la solution initiale dans l'eau pure. Nous nous sommes assuré qu'aucun corps volatil (autre que l'eau) ne distillait avec l'acide fluorhydrique, les conductivités électriques des solutions préparées à partir soit des premières portions distillées, soit des dernières, étant les mêmes.

Nous avons déterminé par la méthode de Kohlrausch et à différentes concentrations la conductivité électrique des solutions d'acide fluorhydrique ainsi obtenues. La préparation des solutions acides à la concentration voulue était toujours faite par pesée pour éviter l'emploi de pipettes en verre et en opérant dans des capsules en platine ou des récipients en paraffine. A aucun moment l'acide n'était au contact du verre. La cuve électrolytique était recouverte d'une épaisse couche de paraffine, ainsi que les montants en verre des électrodes.

(1) W. Ostwald, *Journ. für prakt. Chem.*, 32, 1885, p. 303.

A l'aide de nos résultats, nous avons calculé la valeur de K correspondant à l'équation

$$\left(\overset{+}{H}\right)\left(\overline{F}\right) = K\,(HF).$$

Ces valeurs sont représentées par la courbe en trait plein de la figure ci-jointe, une courbe en pointillé, dessinée sur la même figure, représente d'autre part les valeurs de K tirées par H. Pick des valeurs d'Ostwald.

Nous voyons que les deux courbes qui coïncident pour les fortes concentrations s'écartent l'une de l'autre à mesure que la dilution augmente. Nous supposons que ces différences sont dues aux impuretés conductrices contenues dans l'acide employé par W. Ostwald.

D'autre part, pour des dilutions comprises entre 128 et 1024 litres par molécules grammes de HF, H. Pick admet l'existence d'un palier correspondant à une valeur constante de K : $7{,}2.10^{-4}$. Ce palier n'existe pas sur notre courbe.

De nos nouvelles expériences, il ressort que la valeur de la constante K est nécessairement inférieure à la valeur $7{,}2.10^{-4}$ proposée par H. Pick. Toutefois les mesures de la conductivité des solutions aqueuses d'acide fluorhydrique ne peuvent nous renseigner sur la valeur de cette constante, aucun palier ne se dessinant sur notre courbe et les résultats, pour les solutions extrêmement diluées, étant faussés par la dissociation électrolytique propre de l'eau. Seule la méthode indiquée dans notre thèse, dans laquelle un grand excès d'ions $\overset{+}{H}$ par rapport aux ions $\overline{F}$ masque la seconde dissociation de l'acide fluorhydrique, peut nous conduire à la valeur de la constante cherchée : $16{,}7.10^{-5}$ à 25°.

REVUE DE LA PRESSE

INSTALLATIONS

Isolateurs pour lignes aériennes à 220 000 v. (*Elektrotechnik und Machinenbau* du 12 décembre.) — Sur les lignes aériennes à 110 000 v, on emploie ordinairement des chaînes d'isolateurs comprenant 6 éléments de 280 mm de diamètre et d'une hauteur totale d'environ 184 mm. D'après M. L. Binder, si l'on veut conserver les mêmes éléments pour 220 000 v; il faudait utiliser des chaînes d'au moins 12 éléments; mais avec un si grand nombre d'éléments la répartition de la tension entre ces derniers est très inégale. M. Binder donne la courbe de la répartition de la tension dans une chaîne de 10 éléments n'ayant pas d'anneau de garde; l'élément disposé à la partie supérieure supporte environ 5 pour 100 de la tension totale et l'élément du bas à peu près 24 pour 100.

Tant que l'on est suffisamment éloigné de la tension à laquelle se produit la décharge, la répartition de la tension dépend principalement de la relation entre la capacité à la terre, d'un élément et celle des liaisons. Plus la capacité propre d'un élément est importante plus la répartition de la tension entre les divers éléments est uniforme.

Les courbes de la figure 1 donnent le pour cent de la tension que supporte l'élément inférieur en fonction du nombre d'éléments de la chaîne pour divers types d'isolateurs; elles se confondent presque avec l'horizontale à partir de 10 à 12 éléments, c'est-à-dire qu'à partir de là, on n'a plus d'avantage à augmenter le nombre des éléments des chaînes.

On pourrait conclure de ces considérations que les types d'éléments utilisés pour les lignes à 110 000 v, ne peuvent

Digitized by Google

plus convenir pour une ligne à 220000 et qu'il faut employer de beaucoup plus grands modèles, peut-être de dimensions doubles.

La pratique a cependant montré que jusqu'à 220000 v, au moins, on peut utiliser les modèles courants.

La courbe qui donne la tension à laquelle se produit la décharge dans une chaîne d'isolateurs en fonction du nombre d'éléments (fig. 2) a une toute autre allure que celle qui donne la tension qu'a à supporter l'élément inférieur; les courbes de la figure se rapportent à des chaînes d'éléments à tête de 280 mm de diamètre et 185 mm de hauteur, essayées à sec; la courbe supérieure se rapporte au cas où le point de suspension est isolé et l'autre au cas où ce point est à la terre. On voit que la tension à laquelle se produit la décharge est à peu près proportionnelle au nombre d'éléments de la chaîne, cependant les droites ne passent pas par l'origine des coordonnées, car dans le cas d'un seul élément, la distance de décharge est plus grande que celle qui dans une chaîne correspond à élément. De même que lors des essais de décharge entre sphères, on obtient deux valeurs différentes de la tension, suivant que les deux du transformateur d'essai sont isolés, ou que l'un d'eux est à la terre.

Quand on fait monter peu à peu la tension appliquée à une chaîne; quand celle-ci est près d'atteindre la valeur de la tension de décharge de l'élément le plus exposé, il se produit autour de celui-ci un effluve. Si l'on élève encore la tension, il ne se produit pas une décharge à cet élément, mais autour des éléments voisins, il se produit successivement des effluves. Les courants dus à ces effluves agissent fortement pour amener une répartition uniforme de la tension, de sorte qu'il ne se produit effectivement une décharge que quand la tension limite est atteinte pour tous les éléments.

On voit, d'après ces résultats, qu'on obtient sûrement la même limite de sécurité avec une chaîne de 13 ou 14 éléments pour 220000 v qu'avec une chaîne de 6 éléments, du même modèle pour 110000 v.

On obtient des résultats analogues lorsque l'on procède à ces essais de décharges sous pluie artificielle, de sorte que le rapport 6 à 13, respectivement 6 à 14, peut être adopté; Ryan a même constaté que dans le cas de pluie artificielle, la tension est plus uniformément répartie entre les divers éléments, qu'à sec.

Avec ces chaînes aussi longues, le danger de voir l'arc de décharge se fixer soit aux suspensions des éléments, soit aux conducteurs est encore augmenté. L'expérience a montré que l'on pouvait l'éviter en installant des cornes de décharge, ou mieux encore un anneau ou des anneaux de garde. La figure 3 représente la décharge à une chaîne de 16 éléments, munie de cornes de décharge et d'anneaux de garde; l'arc a environ 2 m de longueur.

L'adoption d'un anneau de garde a, en outre, l'avantage de plus uniformément répartir la tension statique entre les divers éléments, ainsi par exemple dans une chaîne de 10 éléments, la tension de l'élément supérieure passe de 5 à 9 pour 100 quand on dispose un anneau de garde et celle de l'élément du bas de 24 à 12 pour 100.

Des essais ont montré qu'en augmentant les dimensions des anneaux de garde, on pouvait répartir presque uniformément la tension entre les divers éléments. On peut certainement se contenter de ramener la tension qu'à à supporter l'élément inférieur à 12 pour 100 de la tension totale; pour une tension de service de 220000 v, cela fait 26400 v, c'est-à-dire environ un tiers de la tension de décharge à sec et un cinquième de la tension de percussion.

Les deux lignes à 220000 v actuellement en service se trouvent en Californie. La première appartient à la « Southern California Edison C° » et sert au transport de l'énergie des usines hydroélectriques des Big-Creek à Los Angelos et a une longueur de 430 km; l'autre, d'une longueur de 350 km, relie les usines de la Pit Rover à San Francisco et appartient à la « Pacific gas and electric C° ».

M. Dahl, qui, dans un voyage d'études s'est occupé particulièrement de ces deux installations, donne à ce sujet les renseignements suivants.

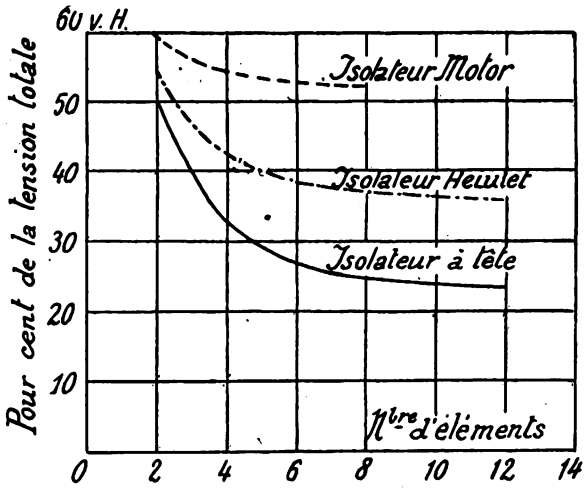


Fig. 1.
Tension qu'a à supporter l'élément inférieur.

Avant d'établir les projets des lignes, on a procédé à des essais de laboratoire, dont ont été chargés MM. Ryan et Ilen-

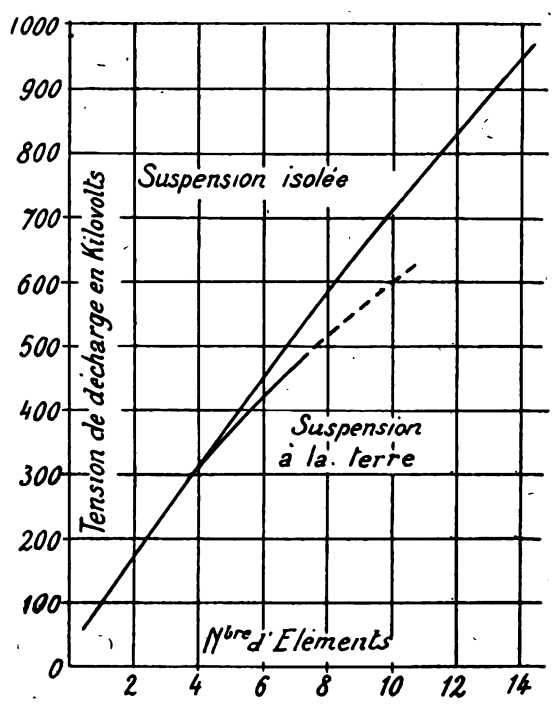


Fig. 2.
Tension de décharge, en fonction du nombre d'éléments de la chaîne.

ling, professeur à l'Université de Sandford, ainsi que l'ingénieur Peek, bien connu pour ses études sur les lignes à haute tension.

Il a été tout d'abord admis que l'on adopterait comme éléments des chaînes, le type courant à chapeau de 10 pouces (250 mm) de diamètre, qui a été amené à un très haut degré de perfection, par suite de la collaboration étroite entre les

Digitized by Google

céramistes et les électriciens, afin d'éviter les aléas toujours à craindre quand on adopte un type nouveau.

On a donc étudié diverses combinaisons d'éléments normaux au point de vue de la répartition de la tension. Les chaînes doubles ont donné des résultats plus favorables que les simples par suite de la diminution de la capacité avec la terre. On a aussi étudié des ensembles constitués d'un côté par une chaîne simple et de l'autre côté par deux, ou plusieurs disposées en parallèle.

De tous les dispositifs, celui qui a été reconnu comme le plus efficace est l'anneau de garde disposé à la partie inférieure de la chaîne, et comme d'autre part il est indispensable pour tenir éloigné l'arc de décharge de la chaîne, on a adopté des chaînes simples avec anneaux de garde.

Comme l'on voulait changer le moins possible à la ligne prévue d'abord pour 150 000 v, on a adopté des chaînes de 11 éléments de 14 pouces (355 mm), afin de ne pas trop les allonger, mais pour les portions de lignes nouvelles, on a prévu 13 éléments.

L'anneau de garde a un diamètre de 28 pouces (711,2 mm), à la partie supérieure sont disposées des cornes dont l'extrémité est à 27 pouces (685,8 mm) de l'axe.

Comme isolateurs d'arrêt on a employé des chaînes doubles, ayant chacune 13, respectivement 15 éléments, munies d'anneaux de garde ovales.

Le Pacific gas and electric C° a adopté dans certaines parties de ses lignes des chaînes simples constituées par 14 éléments normaux et dans d'autres, plus exposées, des chaînes ayant 9 éléments normaux de 10 pouces, puis un élément de 14 pouces (555 mm), suivi d'un élément de 10 pouces, d'un élément de 14 pouces et finalement d'un élément de 10 pouces.

La chaîne se termine par un disque métallique de 16 pouces (406,4 mm) de diamètre qui joue le même rôle qu'un anneau de garde. Les chaînes d'arrêt ont 15 éléments.

Lorsqu'en mai 1923, sur la ligne de la Big-Creek, on passa de 150 000 à 220 000 v, on constata une recrudescence importante des décharges aux isolateurs, de 16 en moyenne par an, elles passèrent à 56 dont 14 pendant le mois d'août.

On se perdit en conjectures sur la cause de cette augmentation des décharges et on l'attribua à la coïncidence de plusieurs faits, ayant chacun pris à part une faible importance, quand un gardien de ligne, peu versé dans les mystères de la résonance électrique et des phénomènes de la haute tension, trouva la solution de l'énigme.

Il avait remarqué qu'un grand oiseau s'envolant de l'un des pylônes avait laissé tomber des excréments à demi fluides qui avaient provoqué une décharge. On étudia alors des dispositifs pour empêcher les grands oiseaux de se poser sur les pylônes, mais ce ne fut qu'après une lutte contre les oiseaux, qui dura une année entière que l'on arriva à un résultat satisfaisant.

Des expériences de laboratoire, faites avec de l'eau salée, ont montré que la décharge se produit même quand les matières ne viennent pas au contact des isolateurs, mais tombent à une certaine distance. On a également constaté que des dépôts d'excréments ou de matières contenant des sels, sur les isolateurs, en temps de brouillards ou de fortes rosées, peuvent donner lieu à des décharges. Quoique ces conditions soient rarement remplies, on procède cependant à un nettoyage des isolateurs à intervalles réguliers.

On a en outre ajouté un douzième élément aux chaînes et par toutes ces mesures on est arrivé à réduire le nombre des décharges, qui ne se produisent pas plus fréquemment que sur les autres lignes.

Dans le cas d'une décharge, l'intensité du courant peut atteindre 800 ampères. Afin d'éviter de graves détériorations aux isolateurs et aux parties métalliques et pour pouvoir remettre aussi vite que possible la ligne en service, il faut que l'arc soit interrompu aussi rapidement que possible. Dans ce but on a divisé le parcours en sections dans lesquelles les deux portions de lignes sont protégées chacune par un relai différentiel, qui provoque sa mise hors circuit, quand l'intensité y dépasse une certaine valeur. Au moment où l'une des parties de la section est interrompue, tout le courant passe dans l'autre; il en résulte une baisse de tension qui ne dure du reste que de 2 à 5 secondes. Ce système de protection, adopté depuis août 1923, s'est très bien comporté: il est rare que des isolateurs deviennent inutilisables à la suite d'un court-circuit et généralement on peut remettre immédiatement en service, la partie de ligne qui avait été mise hors circuit.

Comme, afin d'éviter les pertes par effet corona, on doit employer des conducteurs de grands diamètres, il faut que les isolateurs aient une grande résistance mécanique. Sur la ligne de Big-Creek, les conducteurs sont des câbles aluminium acier de 1 1/2 pouce (42 mm) de diamètre extérieur; les portées normales sont de 200 à 380 m et au maximum de 880 m et les effets de traction sur les isolateurs atteignent 3,6 à 5,4 tonnes.

La Pacific gas and electric C° a des câbles pleins en aluminium et aussi en cuivre de 1 pouce de diamètre, les portées sont de 180 à 240 m, au maximum, 520 m; les tensions de pose varient entre 1,5 et 2,5 tonnes. Comme les isolateurs du type courant n'ont pas une résistance suffisante, on a établi des modèles spéciaux, tout en conservant le diamètre normal de 10 pouces; on est ainsi arrivé à des charges de rupture de 9 tonnes. Comme aux pylônes d'arrêt où les isolateurs sont le plus éprouvés, on emploie des doubles chaînes, chacune d'elles est soumise au maximum à une tension de $\frac{5.4}{2} = 2,7$ tonnes, c'est-à-dire 30 pour 100 de la charge de rupture. Pour les traversées des vallées et des rivières où les portées sont très grandes on dispose en parallèle jusqu'à 8 chaînes, en intercalant des ressorts afin de bien répartir la tension entre elles.

M. Dahl parle également d'isolateurs à grande résistance mécanique étudiés en Allemagne, où l'on est arrivé à des charges de rupture minima de 11 tonnes.

Sur les lignes des deux sociétés américaines, on a remarqué souvent de fortes vibrations des conducteurs; ce sont des vibrations dans le sens vertical, qui atteignent une amplitude de 15 cm dont la fréquence est de 15 à 30. On a aussi parfois remarqué des ondulations verticales de 3,5 à 5 m de longueur. On a pu dans un cas, sûrement attribuer la rupture d'un conducteur à ces vibrations. Naturellement ces dernières doivent également fatiguer les isolateurs, et M. Dahl pense qu'on peut leur attribuer les ruptures assez fréquentes des éléments supérieurs des chaînes qui sont cependant les moins exposés.

On essayé de se rendre compte de la cause de ces vibrations, elles ne peuvent être attribuées aux vents, elles sont probablement dues à des courants d'air verticaux, qui même dans une atmosphère calme, atteignent des vitesses importantes. F. L.

Qualques emplois de l'énergie électrique dans les exploitations agricoles. (*Bulletin n° 8 de l'Association suisse des électriciens.*) — M. F. Ringwald, directeur des usines d'électricité de la Suisse centrale à Lucerne, parle dans cet article des résultats d'essais et d'expériences entrepris dans le réseau de distribution qu'il dirige afin de propager l'emploi de l'énergie électrique dans les exploitations agricoles. Nous donnons ci-après un résumé de cet article, car les résultats encourageants signalés par l'auteur sont bien faits pour faire augmenter la consommation d'énergie électrique dans l'agriculture. M. Ringwald s'occupe des installations pour traire mécaniquement, du séchage des fourrages et de l'éclairage des poulaillers.

Digitized by Google

M. Ringwald ne décrit pas les dispositifs utilisés pour traire mécaniquement les bestiaux; ils sont constitués par des sortes de tétines qui s'adaptent aux pis des bêtes à traire et communiquent par des tuyaux de caoutchouc (fig. 1) avec le récipient dans lequel on recueille le lait, ainsi qu'avec un appareil mû par un moteur électrique qui à intervalles réguliers fait le vide dans la canalisation, de sorte que le lait est aspiré et se rend dans le récipient où on le recueille.

Les animaux s'accommodent très bien de ce traitement et se tiennent aussi tranquilles que lorsqu'on les trait à la main, ainsi que les visiteurs de l'exposition d'électricité de Bâle, en 1913, ont pu le constater.

Les premiers dispositifs employés en Suisse n'ont pas donné toute satisfaction et avaient été abandonnés, de sorte qu'il y a quelques années, quand la Société des usines de la Suisse centrale voulut faire installer à ses frais le dispositif dans une exploitation agricole, elle ne trouva aucun fermier qui voulût se prêter à cette expérience, et dut

Fig. 1.
Appareil électrique à traire.

garantir par traité que si de l'avis d'un vétérinaire désigné par le fermier, on constatait que ses bestiaux souffraient

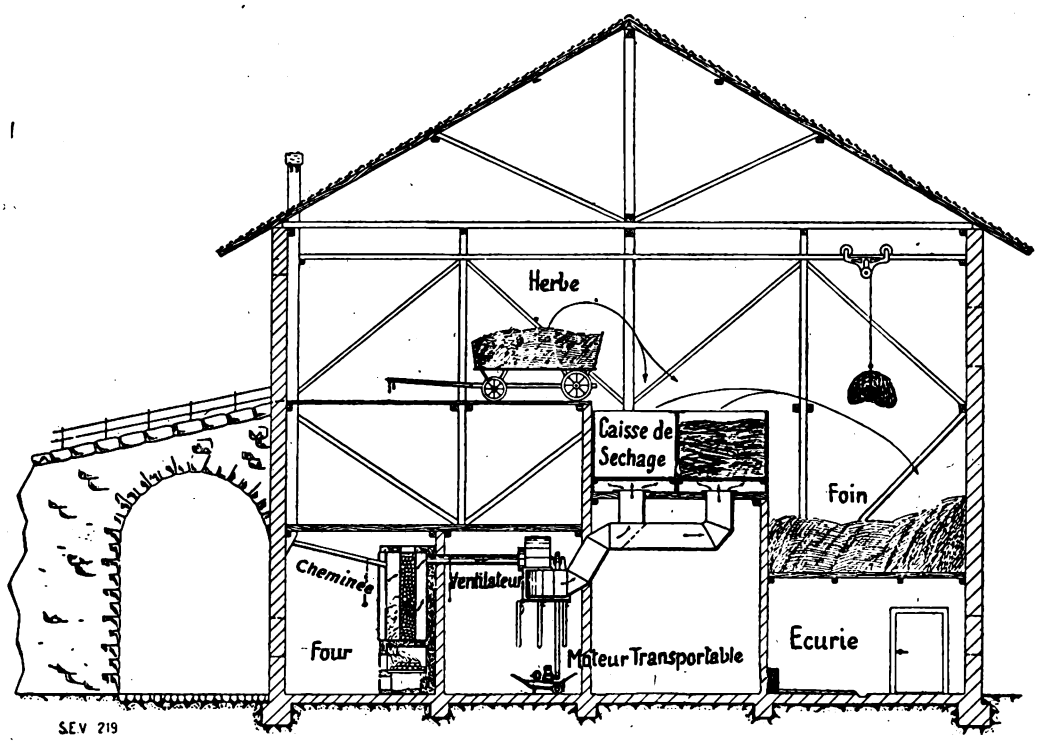


Fig. 2.
Coupe d'une installation électrique de séchage des fourrages.

du traitement, le propriétaire serait indemnisé. Comme un premier essai avait réussi, la Société se procura une installation transportable, qui fut mise à la disposition des fermiers et fonctionna pendant quelques jours pour servir de démonstration; il est certain que d'ici à quelques années, on traira mécaniquement les bestiaux dans toutes les fermes un peu importantes.

Les frais d'achat et d'installation du dispositif varient entre 2900 fr or pour 5 à 10 vaches et 5000 fr or pour 40 à 50 vaches, ils varient donc entre 290 et 100 fr par vache, suivant le nombre de ces dernières. La puissance électrique nécessaire pour alimenter le moteur varie de 1 kw pour 10 vaches, à 2,2 kw pour 50 vaches.

La dépense d'énergie par jour varie entre 0,35 et 0,25 kw-h ; suivant le nombre plus ou moins grand de vaches.

Les frais d'entretien de graissage, de remplacement des tuyaux de caoutchouc, etc..., s'élèvent à peu près de 4 à 8 fr or par an pour une vache.

Au point de vue des stations centrales, il est intéressant de constater que pour une installation agricole, comprenant 20 vaches, la consommation d'énergie annuelle est de 2555 kw-h et la durée d'utilisation de 730 heures.

Il est impossible d'évaluer, d'une manière générale, les économies que permet de réaliser une installation mécanique dans une exploitation agricole, les conditions de celles-ci sont par trop diverses; les chiffres indiqués ci-dessus permettront de l'étudier dans chaque cas particulier.

Les avantages sont la grande propreté et pour un fermier celui d'être complètement indépendant du personnel spécial qu'il est obligé d'engager dans le cas de travail à la main et payer très cher; il suffit d'avoir des notions sur le travail à effectuer pour pouvoir faire fonctionner l'installation mécanique. L'avantage du travail à la machine ressort bien du fait que l'on trouve sur le marché des intallations dans lesquelles la commande se fait à la main pour les exploitations qui ne sont pas desservies par le courant électrique; la figure 1 représente une telle installation pour traire 2 vaches, le dispositif étant actionné par un levier.

Depuis longtemps les sociétés d'électricité s'efforçaient de persuader aux fermiers qu'il y aurait pour eux avantage à

Digitized by Google

sécher artificiellement les fourrages, quoique le prix de revient en soit naturellement plus élevé que pour le séchage ordinaire, mais ce n'est guère que depuis une année ou deux où il a tant plu à l'époque des récoltes qu'ils s'en sont aperçus.

Le fourrage séché artificiellement a plus de pouvoir nutritif que celui séché au soleil, les pertes par suite de la pourriture sont diminuées et ce qui n'est pas négligeable dans une exploitation agricole, le travail peut être fait plus posément sans être obligé, certains jours, d'en réaliser un excessif.

Afin de pouvoir fournir un exemple aux fermiers et aussi pour avoir des données sûres sur l'exploitation pratique des procédés de séchage artificiel, la Société des usines de la Suisse centrale, avec le concours de plusieurs sociétés d'agriculture, a fait construire à Meggen une grande installation de séchage. Le fourrage est séché autant que possible au soleil, mais en cas de pluie, même quand il est mouillé, il peut être séché dans l'installation.

Comme il faut pour le séchage de l'air chaud, on s'est convaincu qu'il est plus économique de le chauffer au coke que d'utiliser pour cela l'énergie électrique. Le prix du coke pour le séchage de 100 kg de foin est de 1,5 fr or; pour chauffer électriquement il faudrait environ 200 kw-h, c'est-à-dire que pour qu'il y ait égalité de prix, il faudrait avoir de l'énergie électrique à 0,8 ou 1 centime le kw-h.

L'expérience a montré que le séchage le plus rationnel est de laisser, si on le peut, le fourrage sur place pendant quelque temps, pour qu'il se fane naturellement, puis de le faire traverser par un courant d'air chaud, afin de le sécher.

La figure 2 donne la coupe transversale de l'installation de Meggen. Au rez-de-chaussée de la grange est disposé le four de chauffage alimenté au coke. Le four spécial est divisé en 2 parties, à l'inférieure se trouve une grille de 0,5 m², brûlant environ 30 kg de coke à l'heure. Les gaz de la combustion, après avoir traversé un filtre formé de cailloux, qui a une hauteur d'environ 25 cm d'épaisseur, se rendent dans un espace vide, où les cendres entraînées se déposent; le filtre qui arrête les parcelles incandescentes, entraînées par les gaz, est nettoyé de temps à autre.

Cet espace communique d'un côté avec la cheminée qui ne sert que lors de l'allumage du four et qui, pendant les opérations de séchage, est fermée par une trappe, et de l'autre côté avec la conduite allant au ventilateur, également muni d'une trappe. Cette conduite formée de tôles de 1,5 mm d'épaisseur a un diamètre de 400 mm.

Le ventilateur, commandé par un moteur électrique transportable, tourne à 480 t : min; il absorbe une puissance de 4 à 5 ch. Du côté de l'aspiration de ce ventilateur se trouve un clapet de régulation qui permet de mélanger avec les gaz chauds, une plus ou moins grande quantité d'air frais.

La conduite qui relie le ventilateur à la chambre de séchage, divisée en deux parties par une cloison verticale, a 75 cm de hauteur et 50 cm de largeur, elle est en bois recouvert à l'intérieur de feuilles d'amiante. En manœuvrant une vanne, on peut faire arriver l'air chaud à l'une ou l'autre des moitiés de la chambre de séchage.

La chambre de séchage, de forme rectangulaire, a 6 m de longueur, 4 m de largeur, et 1,8 m de profondeur; elle est divisée en deux parties égales par une cloison verticale, de sorte que le travail de séchage peut s'effectuer d'une manière continue.

La chambre de séchage peut contenir environ 1000 kg de foin sec.

A environ 40 cm au-dessus du fond de la chambre se trouve un grillage en bois, formé de barreaux coniques laissant entre eux des fentes de 3 à 4 mm, de sorte qu'il y a au-dessous du fourrage à sécher un espace vide où l'air chaud se répand de manière qu'il traverse bien uniformément toute la masse. Dans cette chambre, sont disposées des lattes horizontales en bois, constituant des barreaux espacés de 25 cm horizontalement et de 40 cm dans le sens vertical, qui empêchent le fourrage qui est jeté de se disposer en masse compacte, qui serait difficilement transversée par les gaz chauds.

Chacune des deux moitiés de la caisse peut être fermée par une trappe. On peut circuler au-dessus de la cloison séparant les deux parties de la caisse.

Pendant le séchage, le fourrage perd de la moitié au tiers de son poids.

Le prix de revient de l'installation a été de 4000 fr or.

Il est bien dificile d'indiquer le prix de revient du séchage, il est constitué principalement par la dépense d'énergie électrique et du coke, la dépense de main-d'œuvre est la même que lors du séchage au soleil, du reste on pratique généralement le séchage les jours de mauvais temps, où le personnel n'est pas suffisammens occupé.

Pour obtenir 900 kg de foin sec, de façon que les deux moitiés de la caisse soient pleines, la dépense d'énergie a été de 40 wk-h et la consommation de coke de 160 kg. Le fourrage séché était fané, mais mouillé par la pluie; pour chaque demi-caisse, le séchage a duré 4 h 1/2.

Dans l'installation de démonstration, du 18 mai au 10 juillet de cette année, on a obtenu 12500 kg de foin sec; soit environ 1/5 de la récolte totale; pendant cette période, on a consommé environ 3000 kg de coke et 600 kw-h.

Il est impossible d'évaluer en chiffres, les avantages du séchage artificiel des fourrages pour un fermier; il y a certainement un bien meilleur rendement dans le cas de saison défavorable et le travail peut être effectué dans une plus longue période, de sorte qu'il faut un personnel moins considérable.

L'expérience a montré que le bétail s'accommode très bien du foin séché artificiellement, que les gaz de la combustion n'altèrent en rien la qualité du foin et que le lait obtenu est tout à fait convenable pour la fabrication du fromage. Un autre procédé dont nous avons parlé est la conservation des fourrages verts au moyen d'un traitement par courant électrique, mais on n'est pas absolument sûr que les bestiaux nourris avec ce fourrage donnent du lait tout à fait convenable pour la fabrication des fromages.

En éclairant pendant l'hiver, le soir et le matin, la partie du poulailler où se tiennent les poules pendant la journée, leur ponte augmente d'une manière prodigieuse, et de ce fait les centrales peuvent arriver à augmenter leur fourniture d'énergie. Un commutateur automatique analogue à ceux qui sont utilisés pour l'éclairage des rues, branche les lampes, le matin, d'environ 4 à 9 heures, et le soir de 4 heures et demie à 6 heures. Les poules restent alors plus longtemps éveillées, elles s'agitent plus longtemps, ce qui fait augmenter la ponte. Cette pratique si simple avait déjà été recommandée depuis plusieurs années aux fermiers de la Suisse, sans que ce conseil ait été beaucoup suivi. Les usines de la Suisse centrale se décidèrent l'automne dernier à installer gratis, une installation de démonstration chez un éleveur de poules, elles ont obtenu les résultats suivants :

En décembre 1925 et janvier 1926, chez ce fermier, 41 poules, dont 12 jeunes, ont pondu 132 œufs; en décembre 1926 et janvier 1927, après introduction de l'éclairage, 29 poules dont 5 jeunes, ont pondu 739 œufs. Cette extraordinaire augmentation n'a à peu près coûté que le prix de l'énergie électrique pour l'éclairage, soit à peu près 15 centimes par jour, la quantité de nourriture donnée à la volaille était restée sensiblement la même. L'éclairage a eu également pour résultat de faire avancer l'époque de la couvée et déjà en février des jeunes poussains sautaient çà et là.

Dans la plupart des cas, le prix de l'installation n'est pas plus élevé que celui d'une douzaine de poules, et cependant, les paysans résistent encore.

Digitized by Google

Si l'on veut avoir une bonne réussite, il faut que l'espace réservé pour les ébats des poules soit d'une grandeur suffisante et clos l'hiver, que le local où elles se retirent la nuit ne soit pas trop froid et que les poules soient bien soignées et bien nourries. L'éclairage électrique doit être installé de telle sorte que l'espace dans lequel se tiennent les poules le jour soit bien uniformément éclairé, et qu'il tombe un peu de lumière dans le local où elles couchent, de manière qu'elles soient encouragées à sortir; si ce local est trop loin de l'espace éclairé, il faut y installer une petite lampe qui s'allume et s'éteint en même temps que les autres. Pour un espace à éclairer de 10 m² (suffisant pour 50 à 60 poules), dans la plupart des cas, il suffit d'installer une lampe à incandescence de 50 à 60 bougies. F. L.

QUESTIONS THÉORIQUES

La détermination des valeurs scalaires extrêmes d'une quantité complexe. — Il est, en général, très pratique d'exprimer, sous la forme de quantités complexes, les valeurs des admittances et impédances d'un circuit comportant des résistances et réactances. Dans ces conditions, il est parfois intéressant de déterminer la ou les valeurs de la variable, qui rendent leur pression complexe minima ou maxima. La méthode ci-dessous s'applique au cas où la variable figure simultanément dans la partie réelle et dans la partie imaginaire de la forme complexe.

Soit la quantité complexe $f(u)+j\varphi(u)$, ou $f(u)$ et $\varphi(u)$ sont des fonctions de x. Cherchons à déterminer la ou les valeurs de u qui en rendent les valeurs scalaires minima et maxima. Si l'on trace la courbe représentative de l'expression, en portant en ordonnées le terme imaginaire, et en abcisses, le terme réel, en fonction de la variable u, on obtient, pour un vecteur de valeur minima déterminée, le tracé de la figure 1. Puisque la valeur scalaire de la quantité complexe est donnée par $[f(u)+j\varphi]^{\frac{1}{2}}$ il est évident qu'elle est représentée, en fonction de x, par le vecteur OP, tournant autour du point O comme centre, et limité, d'autre part, au tracé de la courbe. Sur la figure 1, OP est le vecteur minimum. D'une façon plus générale, le vecteur tournant prend une valeur extrême, lorsque la tangente à la courbe en leur point de concours, lui est perpendiculaire (1).

Soient $f'(x)$ et $\varphi'(x)$ les dérivées respectives de $f(u)$ et $\varphi(u)$ par rapport à x.

L'expression générale de la pente de la courbe $f(u)\,\varphi(u)$ est donnée par le rapport $\frac{\varphi'(u)}{f'(x)}$. D'autre part, la pente du vecteur OP est $\frac{\varphi(u)}{f(x)}$.

Ces deux pentes seront donc perpendiculaires pour la condition

$$\frac{\varphi(u)}{f(x)}=-\frac{f'(u)}{\varphi'(x)}$$

qui est aussi celle des valeurs extrêmes de l'expression complexe.

En application de cette méthode, considérons un circuit constitué par une résistance R (en ohms) et une self-inductance L (en heures) en parallèle avec une capacité C (en farads) et soit à déterminer la fréquence pour laquelle l'admittance de l'ensemble est minima.

L'expression générale de l'admittance d'un tel circuit est donnée par :

$$\frac{R}{R^2+\omega^2L^2}+j\left(\omega C=\frac{\omega L}{R^2+\omega^2L^2}\right)$$

dont la valeur scalaire minima aura lieu pour

$$\frac{\varphi(f)}{f(f)}=-\frac{f'(f)}{\varphi'(f)},$$

ou, en éliminant la notation 2π :

$$\frac{\varphi(\omega)}{f(\omega)}=-\frac{f'(\omega)}{\varphi'\omega)}.$$

En appliquant cette relation, on obtient :

$$\frac{\omega(R^2+\omega^2L^2)-\omega L}{R}=\frac{2R\omega L^2}{C(R^2+\omega^2L^2)^2-L(R^2-\omega^2L^2)}$$

et, en simplifiant :

$$\omega^4C^2L^4+\omega^2(2L^2C^2R^2)+(C^2R^4-2LCR^2L^2)=0.$$

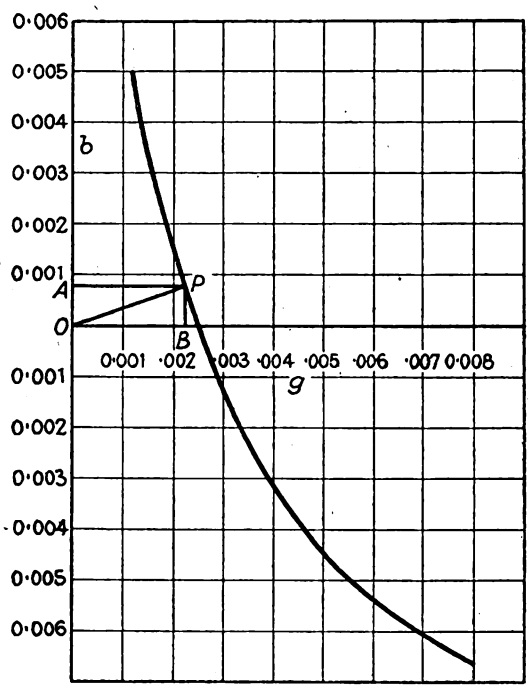


Fig. 1.

Représentation graphique d'une quantité complexe.
R = 50 ω. — L = 0,2 h. — C = 10 pfd.

d'où l'on tire :

$$\omega^2=\frac{\sqrt{2LCR^2+L^2}-CR^2}{L^2C},$$

La racine négative étant inacceptable.

La courbe de la figure 1 se rapporte à un circuit où $L=0{,}2$ henry, $C=10$ microfarads, et $R=20$ ohms, la fréquence étant variable entre 50 et 300 per : sec.

La valeur de ω donnée par l'expression précédente est 750.

La conductance, par cette fréquence, est :

$$g=\frac{50}{(50)^2+(0{,}2\times705)^2}=0{,}00224$$

et la susceptance :

$$b=705\times10^{-5}=\frac{0{,}2\times705}{(50)^2+(0{,}2\times705)^2}=0{,}00075$$

g et b sont respectivement représentés par les vecteurs AP et BP.

La valeur minimum de l'admittance est donc :

$$\sqrt{g^2+b^2}=0{,}00236=OP.$$

(1) *The Electrician*, 24 juin 1927. M. J. Boyland.

Digitized by Google

Prenons un second exemple, avec une self-inductance de valeur L henrys, et de résistance R ohms, en série avec une capacité de C farads, et soit à déterminer la valeur de C fournissant la différence de potentiel maxima à ses bornes.

La différence de potentiel aux bornes de C s'exprime par :

$$-j\frac{I}{\omega}=-\frac{jE}{\omega CR+j\left(L\omega-\frac{1}{C\omega}\right)\omega C}=\frac{E}{j\omega CR-(LC\omega^2-1)}$$

dont le maximum aura lieu pour la valeur minima de son dénominateur. Établissons cette condition :

$$\frac{\varphi(C)}{f(C)}=-\frac{f'(C)}{\varphi'(C} \quad \text{ou} \quad \varphi(C)=\omega CR \quad \text{et} \quad f(C)=-(\omega^2LC-1).$$

On obtient :

$$\frac{\omega R}{-\omega^2L}=\frac{\omega^2LC-1}{\omega CR}$$

d'où l'on tire enfin :

$$C=\frac{L}{R^2+\omega^2L^2}$$

où C est la valeur de la capacité fournissant la différence de potentiel maxima à ses bornes. J. M.

DIVERS

Les progrès de l'industrie électrique en Australie. (*The Electrical Review*, 19 août 1927.) — D'après un rapport australien, les demandes d'énergie électrique se sont accrues de 100 pour 100 depuis 1922, sans tenir compte de la fourniture faite au chemin de fer métropolitain de Melbourne et à la région sud-ouest de Victoria. En 1922, la demande totale d'énergie atteignait 46 265 kw, elle se chiffre actuellement à 85 500 kw ; il est à présumer que cet accroissement se maintiendra dans l'avenir, dans les sphères industrielles et domestiques. Il est, en tout cas, nécessaire de prévoir dès maintenant de nouvelles stations centrales. On espère mettre en service l'année prochaine, la première centrale hydro-électrique de Sugarloaf-Rubicon. J. M.

Les développements hydro-électriques du Canada. (*The Electrical Review*, 19 août 1927.) — Le *Financial Times* rapporte qu'une nouvelle station hydro-électrique de 25 000 ch a été récemment inaugurée à Saint-Narcisse, sur la rivière Bitiscan, à 32 km des Trois Rivières, de Québec. En 1890, déjà le même site fournissait 1500 ch au moyen de trois groupes travaillant sous 26 m de chute, et alimentant les Trois Rivières, par une ligne à 15 000 v, qui fut la première ligne à haute tension de l'époque. La chute actuelle est créée à 1400 m environ de l'ancienne, avec une hauteur de 53 m. Les extrémités du canal sont en béton armé. Deux conduites forcées alimentent les turbines de 12 500 ch. Les générateurs sont établis sur des plateformes en béton. La capacité d'utilisation définitive de cette station centrale sera de 50 000 ch. J. M.

Les développements de l'industrie électrique en Russie. (*The Electrical Review*, 19 août 1927.) — Le gouvernement soviétique de l'Ukraine aurait approuvé le programme d'électrification de l'Ukraine en 5 ans. Dans le bassin du Don, il a été décidé d'augmenter la capacité de débit de la station centrale de Shterovski de 44 000 kw ; de créer une nouvelle station à Tosorski comportant deux groupes de chacun 48 000 kw ; d'élever 3 nouvelles sous-stations dans les régions Matreyevski centrale, et Luganoki ; d'étendre la sous-station de Kadierski ; enfin, de poser une série de nouvelles lignes de transmission d'une longueur totale de 157 km. J. M.

Un câble souterrain pour 132 kv. (*The Electrical Review*, 19 août 1927.) — Le premier câble souterrain pour 132 000 v a été récemment mis en service sur le réseau de distribution américain de la Commonwealth Edison Company. Selon les dires des autorités de cette compagnie, l'exploitation de ce câble ouvre un nouveau chapitre dans l'histoire de l'industrie électrique.

Ce câble mesure 906 km de long ; il se raccorde aux lignes aériennes à 132 000 v de la Public Service C° de l'Illinois du Nord. Il est constitué par des canalisations souterraines renfermant 3 câbles sous plomb ; le diamètre de chacun de ceux-ci dépassant légèrement 75 cm. L'âme de ces câbles est creuse, et entourée de fils de cuivre enrobés dans du papier, l'ensemble étant recouvert d'une enveloppe métallique protectrice. L'âme creuse est emplie d'huile sous pression, l'huile imprégnant le papier. La pression est obtenue et maintenue par des réservoirs surélevés répartis le long du parcours du câble. J. M.

Les installations téléphoniques et télégraphiques du chemin de fer à traction électrique de Stockholm à Gothenbourg. (*Elektrotechnik und Machinenbau* du 10 avril.) — A la suite de l'électrification de la ligne de Stockholm à Gothenbourg, dont la traction se fait par courant alternatif simple, il a été nécessaire de remplacer par des câbles souterrains les lignes aériennes servant aux correspondances. M. van Billing, Ingénieur de la Société Siemens, donne quelques renseignements sur ces installations.

Entre les deux stations terminales, on a posé 11 lignes téléphoniques, dont l'une, munie de dispositifs Pupin, qui a 0,9 mm de diamètre, est destinée aux communications entre les diverses stations, les postes de block, etc.

Une deuxième ligne de 0,9 mm, non munie de dispositifs Pupin, relie entre elles les maisons des surveillants faisant partie d'une même section d'exploitation. Les divers postes de ces sections, peuvent appeler directement les divers autres postes, ainsi que les stations de la section.

La ligne téléphonique qui sert à l'annonce des trains aboutit aux deux postes d'annonce des stations terminales, les appels ont lieu comme sur les deux premières lignes par des signaux d'inducteur, spéciaux pour chaque poste. Une ligne munie de dispositifs Pupin de 1,4 mm de diamètre sert pour les communications entre les stations faisant partie d'un même arrondissement d'exploitation et les diverses sections de cette ligne sont reliées aux bureaux techniques. D'autres retiennent entre elles les stations principales du parcours où aboutissent des embranchements.

Comme il est très important pour la sécurité du trafic, que l'on puisse relever rapidement un dérangement sur les diverses lignes, tous les appareils et toutes extrémités des câbles sont aisément accessibles, de manière que l'on puisse facilement procéder à des mesures d'isolement permettant de localiser les défauts ; on procède du reste tous les jours à des mesures d'isolation.

Comme sur la ligne directe Stockholm-Gothenbourg l'amortissement est très grand, on a dû installer des amplificateurs qui fonctionnent pendant la journée, dans les stations de Katrineholm et de Falkögung et pendant la nuit dans celle de Hälsbourg. F. L.

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

95 059. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris. — 1927

Digitized by Google

36e Année. — N° 849 10 Novembre 1927.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTEUR EN CHEF
ALFRED SOULIER
Le 2e vendredi de chaque mois de 15 h. à 16 h.

ABONNEMENTS
Paris et Départements : 30 francs par an.
Union postale : 40 francs par an.

ADMINISTRATION
9, rue de Fleurus, 9. — Paris (VIe)
TÉLÉPHONE :
Ségur 04-23 et Ségur 04-44.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction au Rédacteur en Chef, 9, rue de Fleurus.

Pour toute demande de numéros de L'Industrie Électrique *on est prié de joindre, à la demande, le montant de l'envoi, en timbres-poste ou en mandat postal.*

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — La Semaine de discussion de la Société française des Electriciens. — Nouveau câble télégraphique États-Unis-Extrême-Orient. — Téléphonie transatlantique Belgique-Amérique. — Une année d'activité dans le développement des courants faibles aux États-Unis. — Les développements de l'industrie électrique au Mexique. — Nouveau câble américain dans le Pacifique. — Emission radiotéléphonique de kw. — Un nouveau câble transatlantique France-Amérique. — La résistance mécanique des filaments de lampes à incandescence. — Les réseaux géants de distribution d'énergie électrique. 481

SUR L'ORGANISATION D'UN LABORATOIRE INDUSTRIEL DE TÉLÉGRAPHIE SANS FIL. J. M. 485

LA MISE EN CIRCUIT DES TRANSFORMATEURS SUR LES RÉSEAUX TRIPHASÉS. J. M. 494

L'OSCILLOSCOPE OU OSCILLOGRAPHE CATHODIQUE STABILISÉ A AXE DES TEMPS LINÉAIRE. J. M. 497

COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES. — Sur le contact métal-sulfure cuivreux, par M. **J. Cayrel.** — Théorie des sous-électrons, par M. **T. Peczalske.** — Sur la répartition du champ électrique dans l'espace sombre, par M. **Morand.** — Sur la réaction électrique des cellules végétales à la polarisation, par M. **Daniel Auger.** — Sur l'effet Volta, par M. **Emmanuel Dubois.** — Etude magnétique du tétroxyde et du trioxyde de vanadium, mesure du moment atomique du vanadium tétra- et trivalent, par M. **Nicolas Perrakis.** — Quelques observations faites sur le quartz piézo-électrique en résonance, par M. **Edgar-Pierre Tawil.** 500

REVUE DE LA PRESSE. — *Traction électrique :* Locomotive à accumulateurs, avec traction auxiliaire au moyen d'un moteur à gaz actionnant une dynamo génératrice. — Les tracteurs à accumulateurs pour le service des quais de Hambourg de l'Hamburg-America line. — *T. S. F.* : Les haut-parleurs à pavillon et les haut-parleurs à cône. 505

INFORMATIONS

La semaine de discussion de la Société française des Electriciens. — Ainsi que nous l'avons annoncé dans notre numéro 842 du 23 juillet dernier, une série de séances se sont tenues à Paris du 24 au 29 octobre au cours desquelles ont été discutés un certain nombre de rapports sur des sujets d'actualité.

Organisées avec beaucoup de soin par M. GROSSELIN, délégué général de la Société Française des Electriciens, ces séances ont éclairé les questions traitées d'un jour nouveau. Nous résumerons prochainement ces travaux. Disons tout de suite qu'ils ont été extrêmement intéressants et tout ce que l'on peut regretter c'est de ne pas voir y prendre part la majorité des ingénieurs électriciens français. En tout cas ces discussions sont excellentes, car elles préparent le terrain pour les décisions ultérieures du Comité électrotechnique français ainsi que le cas s'est déjà produit. A. S.

Nouveau câble télégraphique États-Unis-Extrême-Orient. (*The Electrical Review*, 12 août 1927.) — La Western Union Telegraph Company étudie une amélioration du service télégraphique entre les États-Unis et l'Extrême-Orient, pour porter à 250 mots par minute le trafic actuel de 100 mots. Deux parcours sont envisagés : le premier (16 000 km) suivrait les câbles commerciaux actuels, dans le Pacifique. Coût : 16 000 000 dollars. Le second (11 400 km) irait de Seable à Manille, par les îles Allutian, le nord du Japon et Shangaï. Coût : 10 000 000 dollars. Le trajet le plus court offre des avantages de sécurité et d'économie; mais il exige des négociations avec le Japon, qui sont d'ailleurs actuellement engagées. Ce câble serait du type en Permalloy permettant la transmission simultanée de six messages. J. M.

Téléphonie transatlantique Belgique-Amérique. (*The Electrical Review*, 10 août 1927). — Le gouvernement belge aurait reçu du gouvernement anglais toutes les autorisations nécessaires pour utiliser la station radiotéléphonique anglaise de Rugby dans le but d'établir une liaison Belgique-Amérique. L'exploitation de cette ligne serait imminente. J. M.

Digitized by Google

Une année d'activité dans le développement des courants faibles aux Etats Unis. — Dans le domaine des courants faibles, c'est-à-dire des applications de l'électricité aux communications téléphoniques et télégraphiques, à la transmission des images et à la télévision (autant d'applications qui rentrent toutes dans l'acception du simple mot américain « communications »), l'activité des Etats-Unis ne le cède en rien à ce qu'elle est dans le domaine des courants forts, transports d'énergie, électrométallurgie, etc.

Comme caractéristique de l'importance des courants faibles, on pourrait appeler l'attention sur le fait que la Western Electric C°, qui a sagement limité son activité au domaine des communications téléphoniques et télégraphiques, possède avec la Standard Telephone and Telegraph C° comme Holding C°, des capitaux dont le chiffre en millions vient immédiatement au second rang dans l'industrie américaine, après l'industrie lourde représentée par le Steel Trust.

Pour refléter l'activité des différentes sociétés américaines qui s'occupent des « communications », un Comité spécial de l'*American Institute of Electrical Engineers* a reçu mission de rédiger chaque année un rapport, et sous la signature du président H. P. Charlesworth, vient de paraître dans le *Journal de l'A.I.E.E.* de juillet, le dernier rapport consacré à l'année 1926.

Tout d'abord y sont relatés les progrès de la télégraphie ou les progrès qui, émanant d'autres branches de l'industrie comme la métallurgie, ont permis de réaliser dans la télégraphie des perfectionnements sensibles.

La pupinisation des câbles au moyen de bobines d'inductance à noyaux de « permalloy » représente le plus important de ces progrès, et depuis l'application si réussie de cet alliage de nickel aux câbles de la Côte Pacifique, on a constaté, par l'établissement de nouveaux câbles à permalloy, une amélioration considérable du service des câbles et de leur rendement, par exemple dans les communications transatlantiques entre New-York et Londres.

Les lignes téléphoniques ont, de même que les lignes télégraphiques, bénéficié des propriétés du permalloy, ainsi que des avantages de l'amplification réalisable par l'utilisation des lampes de T. S. F. comme relais ou répétiteurs.

C'est une application qu'on a également réalisée en France, sur le câble Paris-Strasbourg et sur le câble Paris-Rouen, pour des distances n'ayant, il est vrai, rien de comparable avec les longueurs des circuits téléphoniques à relais du réseau Chicago-Saint-Louis (puisque la ligne la plus longue de ce réseau atteint plus de 2500 km). Les relais s'y succèdent à intervalles de 80 km en moyenne, et il s'y ajoute des *suppresseurs d'écho*, que ne décrit pas le rapport Charlesworth, ainsi que des *régulateurs automatiques* qui, pour corriger l'influence des variations de température sur le coefficient d'atténuation des conducteurs, modifient convenablement le rapport d'amplification des lampes-relais.

On a réalisé beaucoup d'autres améliorations sur le matériel téléphonique, en développant les lignes à longue portée, les appareils à cadran, la téléphonie automatique en général, et on a fait une large part, dans les études et dans les réalisations, à la *téléphonie transcontinentale* et à la *téléphonie transatlantique*.

Pour la première, on a successivement équipé trois grandes lignes, dont la plus parfaite comporte des relais nouveaux perfectionnés, et superpose 5 circuits téléphoniques et 14 circuits télégraphiques.

Pour les communications téléphoniques à travers l'Océan, le fait le plus marquant a été la mise en exploitation, à la suite des essais faits, entre Londres et New-York le 7 janvier 1927, d'un service de radiotéléphonie régulier qui, maintenant, s'étend aux États-Unis tout entiers et à Cuba d'un côté, et à la presque totalité des îles britanniques de l'autre.

La *radiotélégraphie* a également progressé, mais on donne peu de détails sur les progrès que certains attribuent à une utilisation nouvelle les ondes courtes, sinon pour indiquer qu'on en espère certaines économies et une moindre sensibilité aux effets parasites.

En même temps qu'on étudie les parasites pour protéger contre leurs effets les communications radiotélégraphiques, on analyse avec plus d'attention que jamais les bruits constatés en radiotéléphonie, afin d'arriver à obtenir des communications téléphoniques plus nettes et plus pures.

Avant de découvrir une solution qui réponde aux problèmes de ce genre, il convient évidemment d'analyser leur nature et de mettre à jour le mécanisme des phénomènes qu'on a observés et qu'on veut éliminer. Jusqu'ici on n'était pas sur la bonne voie, car on attribuait les bruits perçus dans le haut-parleur, soit à ses imperfections, soit à celles des lampes de T. S. F., aux résistances intérieures et aux propriétés des batteries de plaque alimentant leurs circuits, etc. Si rien de tout cela n'est complètement inexact, du moins l'ensemble des raisons par lesquelles on expliquait les bruits n'est-il pas suffisant, comme l'a établi M. J. B. Hohnson par des essais, et comme l'a expliqué ensuite M. H. Nyquist par des considérations thermodynamiques (en février 1927, dans une réunion tenue à New-York par l'American Physical Society).

La vérité est que, les bruits, avant d'être éventuellement amplifiés dans les éléments composant un poste récepteur, prennent naissance dans les conducteurs qui apportent à ce poste les courants minimes qu'on désire amplifier.

Plus ces conducteurs chauffent et plus les bruits deviennent perceptibles, ainsi que l'a montré M. Johnson aux auditeurs qui auraient pu douter de son explication et la juger fantaisiste. Il faut croire qu'il n'est pas besoin de supposer très élevées les températures atteintes par les câbles pour justifier les bruits perçus dans le haut-parleur : car l'atténuation de ces bruits est considérable dès qu'on refroidit par l'air liquide les conducteurs considérés.

L'agitation thermique créée dans une cathode chaude se manifeste, ainsi qu'on le sait, par un déplacement d'électrons, qu'une tension anodique appropriée fait sortir de cette cathode et dirige vers l'anode, à travers le vide de la lampe. Une température beaucoup moins élevée suffirait, d'après MM. Johnson et Nyquist, à créer une agitation thermique qui agit sur les électrons et les atomes des conducteurs, sans toutefois provoquer d'émission, mais en provoquant des mouvements d'électrons qui se traduisent par des bruits.

On ne peut évidemment pas songer à la possibilité pratique de les éliminer par le moyen coûteux d'un refroidissement fait au moyen d'air liquide; le remède dont il faut en ce moment se contenter réside dans l'emploi d'amplificateurs n'ayant pas un coefficient d'amplification trop élevé, et plus d'une raison dicte aux amateurs de radio cette mesure de modération.

Les caractéristiques de la voix et de la musique sont de mieux en mieux étudiées aux États-Unis; les émissions et les réceptions y font l'objet d'études statistiques très soigneusement organisées.

La *téléphotographie* se fait régulièrement sur plusieurs lignes reliant les Etats de l'est à ceux de l'ouest.

La *télévision*, dont la possibilité a été démontrée par des essais, tient une place relativement importante aussi dans le rapport Charlesworth.

Enfin, terminant son examen par des exemples de perfectionnement qui ne touchent qu'indirectement les « communications », l'auteur signale de nouveaux redresseurs de courant (notamment de Grondahl décrits cette année par *L'Industrie Électrique*; un nouveau *procédé d'étirage du cuivre* et un moyen de *conservation des bois* du plus haut intérêt pour les télégraphistes; il consiste à injecter dans le bois une solution de Zn et d'As; après mise en service de ces bois, on constate que l'exposition à l'air y a transformé les éléments injectés en arsenite de zinc qui, étant toxique, insoluble et stable, protège indéfiniment le bois contre les altérations de toute nature.

A. Z.

Digitized by Google

Les développements de l'industrie électrique au Mexique. (*The Electrical Review*, 23 septembre 1927.) — Du point de vue commercial, le Mexique est, sans doute, celui de tous les états de l'Amérique latine, dont les réseaux de distribution d'énergie et de lumière électrique sont les plus complets et les mieux conçus. Avant de tomber dans des mains anglaises, la concession générale de ces réseaux avait été accordée à un Français, le Dr A. Vacquié, sous la législature du président Porfirio Diaz, en même temps que l'exploitation des chutes d'eau du Nexaca (Etat de Puebla). Partant de cette base, qui visait surtout à l'installation d'une station centrale hydroélectrique pour les besoins de la ville de Mexico, et de son voisinage immédiat, l'entreprise prospéra d'année en année, jusqu'au jour où elle desservit non seulement la ville de Mexico (la capitale), les villes minières de l'El Oro, Pachuca et Angangueo, mais encore un certain nombre d'agglomérations des états adjacents à ceux de Mexico; Hidalgo et Puebla. La Compagnie distributrice compte 109.000 consommateurs sur ses livres, représentant 850000 lampes; 5600 sont des clients d'énergie, pour une demande totale de 140000 ch. Il convient enfin d'ajouter environ 9000 clients pour chauffage. Déjà, en 1925, les réservoirs appartenant à la Compagnie constituaient une réserve de 171078000 m³ d'eau, et les machines installées totalisant 194690 ch, fournissaient annuellement 560688215 kw-h.

Malgré la situation politique actuelle défavorable donnant lieu à une dépression commerciale qui menace de durer en s'aggravant, la nouvelle société dite « Compagnie Mexicaine de lumière et de force » qui succéda à notre compatriote, ne cesse de se développer. Elle compte actuellement un certain nombre de travaux en exécution qui permettront qu'avant la fin de cette année, la capacité des réservoirs dépasse 180000000 m³, et la puissance installée 195000 ch fournissant annuellement 650000000 kw-h environ. Ces chiffres, quoique approximatifs, donnent quelque idée de l'importance de l'entreprise malgré les troubles intérieurs et extérieurs du pays.

Les installations en cours représentent une dépense d'au moins 28000000 pesos (2800000 livres anglaises) affectés à l'accroissement de stations et de réseaux existants, en même temps qu'à la création d'un certain nombre de sous-stations nouvelles.

La demande d'énergie électrique par la ville de Mexico est très pressante, mais, aussi larges que soient les possibilités actuelles de la Compagnie distributrice, elles ne suffiront plus, d'ici quelques années, à l'alimentation de ce grand centre commercial.

Les chiffres ci-dessous donneront un aperçu de l'importance des développements au cours des dernières années : Energie consommée : en 1921, 369300000 kw-h; en 1922, 442000000 kw-h; en 1923, 477100000 kw-h; en 1924, 523000000 kw-h; en 1925, 560665000 kw-h.

Donner satisfaction à la demande actuelle n'a pas été un problème simple à résoudre. Le choix d'un site hydraulique approprié fut d'abord très délicat; on se fixa finalement sur un emplacement à proximité de Tepuxtepec, dans l'état de Michoacan-de-Ocampo, non seulement parce qu'il résolvait la question de l'énergie cherchée, mais encore parce que le barrage devant y être construit se prêterait parfaitement de par ses dimensions et sa capacité, à l'irrigation de toute une région de très grande production agricole, aux environs de Acambaro; simultanément, ce barrage mettrait fin aux dangers des inondations qui dévastèrent fréquemment la très prospère vallée du Bas Lerma. Tous ces travaux, désignés sous le nom d'entreprise de Salto-del-Remolino, représentent une dépense de 18000000 pesos (1800000 livres onglaises).

Des travaux préliminaires furent commences au début de cette année. Les divers contractants sont : La Compañia Mexicana Constructora de Obras Hidroeléctricas, S. A, filiale de la Compañia de Fuerza de Sud-oeste de Mexico, S. A, elle-même filiale de la Compañia Mexicano de Luz y Fuerza Motriz, S. A. (La Compagnie Mexicaine de Lumière et de Force.) Derrière le barrage colossal qui sera jeté sur le cours du Lerma, pourront être retenus 500000000 m³ d'eau. Sous ce barrage la station centrale à turbines est prévue avec une capacité d'utilisation de 60000 ch. L'eau s'en écoulera à travers un tunnel de 5 km de longueur pour irriguer ensuite 50000 hectares de terres, dont le gouvernement envisage de tirer du coton ou des produits agricoles. Le lac artificiel couvrira environ 5000 hectares de la vallée Yeregé, dans laquelle aboutiront cinq autres vallées et dont la pointe nord s'étend jusqu'au bassin minier de Guanajuato, au nord-est de l'état de Michoacan-de-Ocampo. Le cours de Lermo baigne les confins nord de l'état de Michoacan, allant de l'est à l'ouest, et recevant les eaux de nombreux affluents; il a atteint finalement le lac de Chapala, dont les eaux profondes s'étendent sur 1580 km²; le sixième seulement de sa superficie appartient à l'état de Michoacan, le reste étant la propriété de l'état de Jalisco.

La construction du barrage de Salto-del-Remolino, près de Tepuxtepec, n'est pas la seule entreprise de la Compañia Mexicano de Luz y Fuerzo Motriz dont on escompte la terminaison pour la fin de l'année courante. Les projets en cours concernent également l'accroissement et l'amélioration du matériel des réseaux de distribution et une revision totale de toutes les lignes aériennes et des câbles souterrains existants. Il doit aussi être posé 25 km de câble à 6000 v; tandis que la puissance de la station réceptrice de Nonoalca sera portée à 15000 kv-A, pour travailler sur le nouveau réseau à 6000 v. De nouveaux câbles à 20000 v seront ultérieurement posés entre les sous-stations de Nonaalca et Indianilla; en remplacement des câbles aériens actuels, et pour augmenter la capacité d'utilisation de ceux-ci.

En outre, deux nouvelles sous-stations de tramways, de chacune 1000 kw de capacité, seront installées pour accroître la puissance du réseau et en améliorer les caractéristiques de tension.

J. M.

Nouveau câble américain dans le Pacifique. (*The Electrical Review*, 28 septembre 1927.) — L'annonce par M. Newcomb Carlton, président de la Western Union Telegraph C°, de la pose d'un nouveau câble moderne entre les Etats-Unis et le Japon par cette Compagnie, indique que la concurrence de la télégraphie sans fil dans le domaine des liaisons internationales et intercontinentales ne présente pas encore un danger immédiat. Ce câble est destiné à faciliter la liaison entre l'Amérique et l'Extrême-Orient.

La dépense à envisager est de l'ordre de 3000000 livres anglaises.

La nécessité de l'amélioration des communications par câble a été récemment démontrée par les événements politiques chinois.

Le nouveau câble sera du type en permalloy permettant la transmission de cinq ou six messages simultanés avec une capacité totale d'émission de 2500 lettres par minute. A l'époque où les troupes américaines et anglaises débarquèrent en Chine, le gouvernement anglais disposait de trois câbles, tandis que le gouvernement américain n'en possédait qu'un seul. Il existe bien une liaison radioélectrique entre le Japon et San Francisco, mais son fonctionnement, est, paraît-il, très irrégulier. Cette pauvreté en matière de liaison aurait créé des difficultés à Washington qui désire être en contact étroit avec l'évolution chinoise.

Le câble actuel du Pacifique a été posé par la Commercial Pacific Cable C° (l'une des filiales de la Compagnie Marckay) en 1902 entre San Francisco et Honolulu, de là à l'île Midway et à Guam, d'où il repart vers Manille et Yokoama.

La Commercial Pacific Cable C° a réagi en acquérant la

Digitized by Google

Federal Radio Telegraph Company qui envisage la création d'une liaison San Francisco-Japon, en adjonction à son câble actuel. Le prix de cette transaction serait de 1 million de livres anglaises; le circuit rédioélectrique serait créé avant la pose du nouveau câble de la Western Union Telegraph C°.

L'émission radiotélégraphique serait du type à faisceau dirigé ayant fait ses preuves dans les liaisons entre l'Angleterre et ses Dominions, et qui serait, paraît-il, prochainement adopté sur le réseau radiotélégraphique transatlantique Marconi, aussi bien à New-York qu'à Buenos-Aires. J. M.

Emission radioléléphoniqne de kw. (*The Electrical Review*, 23 septembre 1927.) — Le 4 août dernier la nouvelle station américaine W. G. Y. de Schenectady a procédé à une émission de radiodiffusion sur une puissance de 100 kw, ce qui constitue la plus grande puissance modulée et transmise à une antenne, jusqu'à ce jour. La Commission fédérale de radiophonie avait dû accorder une licence de transmission spéciale, sur 100 kw, pendant un mois, à des heures déterminées. Des comparaisons furent faites entre cette émission, et une autre de 50 kw seulement.

Les résultats enregistrés permettent d'envisager une amélioration du réseau de radiodiffusion des États-Unis.

Un nouveau câble transatlantique France-Amérique. (*The Electrical Review*, 23 septembre 1927.) — Ayant obtenu du gouvernement français l'autorisation de faire aboutir un nouveau câble transatlantique au Havre, dans le but d'améliorer les communications entre la France et les Etats-Unis, la Western Union Telegraph Company cherche à utiliser l'un de ses câbles aboutissant actuellement à Penzance, en Angleterre, pour relier au Havre par ligne directe.

Mais d'après *The Times*, le Ministère des Postes et Télégraphes Anglais se refuserait à accorder à la Western Union Telegraph C°, la licence nécessaire pour connecter à Penzance le tronçon entre cette ville et le Havre. Dans ces conditions, la Compagnie américaine a décidé de déconnecter son câble transatlantique de Penzance, et de le mouiller en dehors des eaux territoriales anglaises, à trois milles environ de la côte, la jonction avec le tronçon issu du Havre se faisant en pleine mer. La dépense totale envisagée est de l'ordre de 55 000 livres anglaises. La proposition anglaise offrait une ligne directe avec la France, passant par Londres, moyennant une redevance annuelle de 40 000 livres! J. M.

La résistance mécanique des filaments de lampes à incandescence. (*The Electrical Review*, 23 septembre 1927.) — En visant au meilleur rendement, les filaments de lampes à incandescence doivent travailler à haute température, ou être constitués par des matériaux spécialement sélectionnés. La première méthode donne des résultats plus efficaces; elle conduit à choisir des matériaux à point de fusion élevé. Le tungstène remplit au mieux cette condition. Mais la rapide évaporation à laquelle donne lieu une ampoule parfaitement vidée, a poussé les recherches vers l'emploi d'atmosphères de gaz inertes.

Pour limiter les pertes de chaleur dans ces atmosphères, on a adopté des filaments en spirales qui, par ailleurs, ne conviennent absolument pas dans les ampoules à vide total. La résistance des lampes aux chocs et aux vibrations a été renforcée par divers procédés, dont aucun n'est parfait, il faut le reconnaître. C'est ici surtout que doit s'exercer la sagacité des constructeurs.

L'étude de la poussée et de la forme des grains constituant le filament a montré que la résistance de ceux-ci est d'abord déterminée par les dimensions de ces grains, leur forme, et leur orientation cristallines. Les gros cristaux mettent davantage a l'abri des modifications moléculaires, quoique leur faiblesse intra-cristalline ne soit pas un garant de l'augmentation de résistance cherchée. Sous des efforts moyens continus, la rupture s'effectue plus fréquemment dans les gros cristaux, ou, en tout cas, dans ceux qui occupent toute la section droite du fil. Sous des efforts de traction violents, le tungstène se comporte de la même façon qu'un autre métal quelconque, et se brise uniquement en fonction de l'effort appliqué. Les vibrations travaillent le métal beaucoup plus que l'effort soutenu, le fatiguent et le préparent davantage à la rupture. Les vibrations doivent entraîner une modification de l'orientation cristalline et de l'accroissement des grains, la température et les dimensions initiales de ceux-ci influant aussi sur le phénomène. On peut constater que des échauffements et refroidissements alternatifs et périodiques modifient la structure cristalline d'une certaine façon. Des expériences faites par M. F. S. Goucher, il résulte que la température et l'effort mécanique concourent pour affaiblir la résistance du tungstène. D'où il résulterait qu'un filament présentant de bonnes propriétés physiques ne pouvait trouver place que dans une forte lampe, où il pourrait être, à volonté, enroulé en cage, ou en éventail, en spirale, ou tendu rectiligne. D'autres expériences ont montré que les gaz introduits dans l'ampoule n'ajoutent rien à la résistance au choc du filament, et que les enroulements, en cage ou en spirale, sont nettement plus fragiles à chaud qu'à froid.

Le fait que les lampes à atmosphères gazeuses paraissent plus résistantes ne doit pas être imputé à cette atmosphère elle-même, mais beaucoup plus probablement à une différence de structure cristalline du filament.

Puisque les hautes températures sont contraires à la vie des lampes, il semblerait indigne d'en faire travailler les filaments à des températures moyennes. Mais ce serait là une rétrogradation sur les méthodes modernes, et il serait à souhaiter que les usagers exigent des résistances plus grandes, sans que cela soit aux dépens des conditions économiques de fonctionnement. Les filaments en spirale ne sont pas plus rigides que les filaments rectilignes; ils ont, en outre, une tendance à fléchir. L'adjonction de thorium limite cette tendance qui n'a pu être encore éliminée.

En conclusion, l'auteur signale l'avantage que trouveraient fournisseurs et consommateurs à stipuler sur chaque lampe, le type de filament dont elle est munie. Il serait facile d'utiliser à cet effet, des symboles analogues à ceux qui désignent les balais de charbon.

Les réseaux géants de distribution d'énergie électrique. (*Journal of the A, I. E. E.*, juillet 1927.) — Les Compagnies de distribution d'énergie électrique se sont dévoloppées dans de telles proportions, au cours des récentes années, que l'on en compte 16 aux États-Unis, dont la production annuelle dépasse 1 billion de kw-h. En tête de liste, vient le réseau de la Buffalo, Nicaragua et Eastern, Power Corporation, dont le débit en 1926 a atteint le chiffre astronomique 4 464 000 000 kw-h.

Cette somme énorme d'énergie a été surtout fournie par les chutes du Niagara. La Commonwealth Edison C° de Chicago vient en second, suivie de l'Edison United et de ses Compagnies filiales de New-York City. En quatrième lieu, on note la Southern California Edison C° et en cinquième rang, la Pacific Gas et Electric C°. On compte, aux Etats-Uuis, pas moins de 126 réseaux de distribution fournissant une énergie annuelle supérieure à 100 millions kw-h. J. M.

Digitized by Google

SUR

L'ORGANISATION D'UN LABORATOIRE INDUSTRIEL
DE TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Comme toute industrie, celle de la télégraphie sans fil doit consacrer un effort financier important à la création, l'organisation et l'entretien des laboratoires. Ces laboratoires ne doivent pas être limités à la recherche pure, mais encore s'étendre au contrôle des matières premières, avant leur entrée en usine, et à celui des appareils terminés, prêts à être livrés sur le marché. De la bonne organisation de ce centre technique, dépendra donc la qualité des marchandises fabriquées, et la sécurité de leur bon fonctionnement à l'usage. En outre, il convient de remarquer que, même doté d'appareils de mesure et de contrôle de toutes sortes, le laboratoire devra être prévu de façon à ne jamais retarder la fabrication ou la livraison des pièces finies, pour cause d'embouteillage. A la question de matériel, s'ajoute donc celle d'une répartition judicieuse des divers bancs d'essais prévus de façon à pouvoir y travailler à plein rendement.

Tous ces points importants ressortiront d'eux-mêmes dans l'étude ci-dessous, en même temps que les considérations purement techniques touchant au choix des appareils et des méthodes.

Aménagement et dispositions générales. — Il est intéressant de situer un laboratoire à l'abri des perturbations de toutes sortes, et, notamment, de celles qui peuvent gêner plus particulièrement les travaux qui s'y feront.

A cet égard, on lui réservera plutôt les pièces les plus hautes de l'édifice dont on dispose. L'idéal serait de l'installer sur un toit plat élevé. Si le dessus peut être recouvert d'une verrière, on y gagne la suppression des fenêtres dans les murs, et la place qu'en exigerait l'ouverture. Le chauffage à l'eau chaude est préférable à tout autre. Enfin, la source d'énergie première dont on dispose généralement est du courant alternatif 220 v, 50 per : sec. La figure 1 montre une disposition générale très rationnelle.

Les établis doivent être munis de nombreuses lampes d'éclairage, pendantes au plafond, ou appliquées au mur, ainsi que de fréquentes prises de courant aux utilisations diverses (fers à souder, etc.). Les établis ou tables d'essai sont recouverts de linoléum vert foncé, tandis que les murs sur lesquels ils s'appuient sont recouverts sur 1,50 m de hauteur, et, sur toute leur longueur, d'un panneau de menuiserie qui permet une fixation rapide d'appareils et des jonctions faciles entre divers organes. La hauteur et la profondeur de ces tables demandent à être soigneusement déterminées pour que l'on puisse y travailler à l'aise.

Travaux en courant continu. — a) *Sources d'alimentation.* — Étant donné que la grande majorité des travaux d'un laboratoire de ce genre s'effectuent sur des montages à lampes triodes, les sources d'alimentation à courant continu sont de première importance.

Dans cet ordre d'idée, les accumulateurs sont préférables à tous autres générateurs. Deux solutions sont possibles : soit prévoir un certain nombre de batteries indépendantes utilisables séparément, en chaque place de la table d'essai ; soit installer une batterie centrale, reliée à chaque table, par des canalisations permanentes.

Cette dernière solution offre l'inconvénient de soumettre des circuits permanents à des champs de haute fréquence.

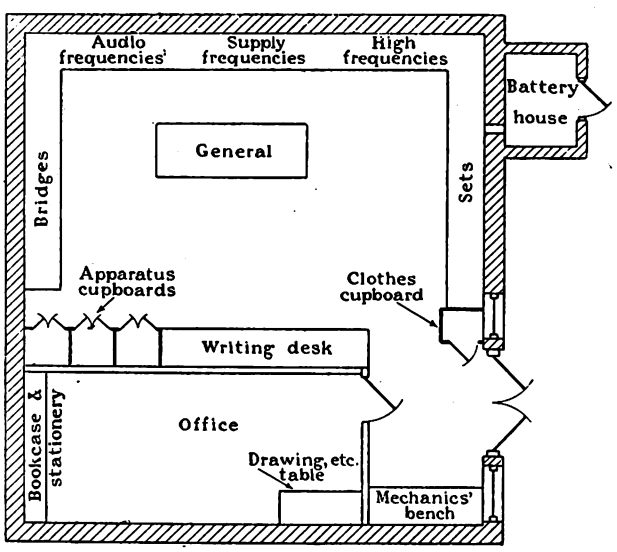


Fig. 1.
Dispositions générales du laboratoire.

Elle est en outre assez onéreuse d'installation. Mais elle a pour elle l'avantage de la netteté de montage et des chances de meilleure conservation de la batterie. L'influence de la haute fréquence peut être détruite en plaçant judicieusement des condensateurs de fuite entre les canalisations et la terre. A côté d'un tableau de charge, comportant les appareils de contrôle et de protection nécessaires, une grille de répartition et de couplage des batteries s'intercale avant les départs vers les différents points d'utilisation sur la table d'essai.

En chacun de ces points aboutissent de 3 à 5 lignes terminées par des douilles de prise de courant à polarités repérées.

La batterie centrale est logée dans un appentis adossé extérieurement au laboratoire.

Les batteries prévues par l'auteur dans le laboratoire dont il avait la charge se répartissent comme suit (1). (Voir le Tableau, page suivante)

La charge de ces batteries s'effectue par deux groupes distincts fournissant respectivement : 60 A, sous 36 v et 3 A sous 240 v.

(1) *The Institution of Electrical Engineers*, M. Turner, septembre 1927.

Digitized by Google

TENSIONS en volts.	AMPÈRES heures.	NOMBRE d'éléments	TENSIONS totales.
2	50	2	4
6	50	8	48
2 — 6	50	4	24 Maximum).
6	100	1	6
2 — 20	50	1	20 (Maximum).
			103. V. 5 A.
50	1	4	200
100	1	2	200
60 ou 80 — 120	1	5	600 (Maximum)
			100 V. 0,1 A.
10 — 100	5	1	100 (Maximum).
50 — 400	5	1	400 (Maximum)
			500 V. 0,5 A
			1602 Volts.

La protection des circuits est assurée par des lampes de 3,5 v, 0,2 A pour ceux à basse intensité, et par des

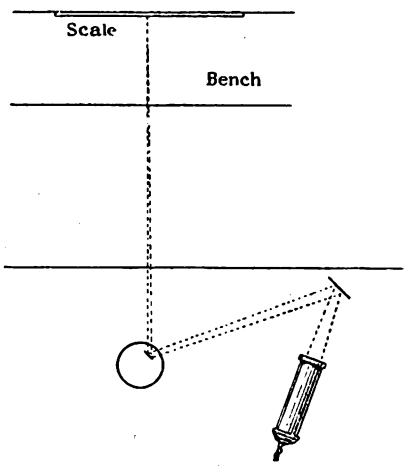


Fig. 2.
Schéma d'installation d'un galvanomètre.

fusibles de 5 A pour ceux d'intensité plus élevée.

Pour la polarisation des circuits de grilles, des montages à lampes triodes, il est plus intéressant d'utiliser des batteries séparées, montées au point d'utilisation sur le banc d'essai.

b) *Appareils de mesure et étalons.* — Bien que la plupart des travaux de laboratoire se traduisent par l'observation de courants alternatifs, l'emploi toujours plus répandu de circuits de mesure à lampes triodes demande une ample provision d'instruments de mesure à courant continu. On en prévoiera de nombreux du type à cadre mobile, à échelle régulière de graduation par des sensibilités comprises entre 0-1 m-A à 0-5 A et 0-12 à 0-120 v.

Il est intéressant de monter les milliampère-mètres sur des supports à broches s'adaptant aux douilles de lampes triodes permettant de les intercaler rapidement entre une lampe de réception et son propre support, par exemple, pour en contrôler le débit du circuit plaque-filament. On prévoiera, en outre, des appareils de précision de 0-0,075 à 0-500 v et de 0-15 à 0-1500 m-A, ainsi que d'autres plus importants de 0-2 à 0-1000 v et 0-20 m-A à 0-40 A. Enfin, des instruments de grande sensibilité, 0-240 et 0-24 µA gradués, par exemple, directement en mégohms pour des tensions appliquées de 2 ou 20 v, le premier étant muni de shunts pour 1,2, 12 et 120 m-A.

Les galvanomètres sont un point très important de l'équipement d'un laboratoire, mais leur installation présente parfois des difficultés pour en permettre l'utilisation dans de bonnes conditions.

A cet égard, il n'est pas recommandable de les placer directement sur le mur faisant face à la table d'essai.

Les lectures sur l'échelle s'y feraient difficilement, sans grande précision. Il a été trouvé plus avantageux de procéder comme suit (fig. 2) : Une large plate-forme est installée au centre du laboratoire, suspendue à son plafond, à une hauteur légèrement supérieure à celle d'un homme. Sur cette plate-forme sont montés : le galvanomètre, un miroir extérieur et la lampe.

Pour éviter toute vibration mécanique de l'ensemble, il y a grand intérêt à faire reposer les appareils sur la

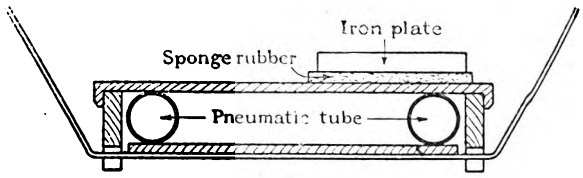


Fig. 3.
Dispositif d'amortisseur pour galvanomètre.

plate-forme par l'intermédiaire de pneumatiques d'automobiles, et à faire reposer le galvanomètre lui-même sur une planche de caoutchouc-mousse recouverte d'un bloc métallique lourd (fig. 3).

Le miroir extérieur renvoie alors le spot sur une échelle graduée placée sur le mur faisant face à l'opérateur. Cette échelle est montée sur glissières qui en permettent le centrage vertical et horizontal par rapport à la trace du spot.

Le miroir extérieur doit être plan, pour renvoyer le faisceau lumineux suivant le schéma de la figure 4.

Pour effectuer facilement des lectures de jour, malgré une échelle abritée de la lumière naturelle, il est utile d'utiliser une source lumineuse relativement intense et de filtrer son rayon à travers un système optique analogue à celui d'une lanterne de projection, avec condensateur et des lentilles à long foyer (1 à 1,5 m) donnant une image nette à 3 m de distance. Pour réduire les dimensions de ce système, il suffit de lui adjoindre deux lentilles complémentaires, l'une divergente, l'autre convergente.

Dans ces conditions, une lampe à atmosphère gazeuse, de 50 w, fournit un spot de 3 à 5 cm de diamètre, à 3 m de distance, et parfaitement visible en plein jour.

c) *Résistances.* — On doit pouvoir disposer de tout un assortiment de résistances connues, depuis des rhéostats à curseur, à grande puissance de dissipation (400 w)

Digitized by Google

jusqu'à une boîte de résistance de 0,1 à 5 mégohms, ainsi que divers étalons fixés par exemple, à 1, 10, 100 et 1000 ohms.

La mesure des résistances par la méthode du pont,

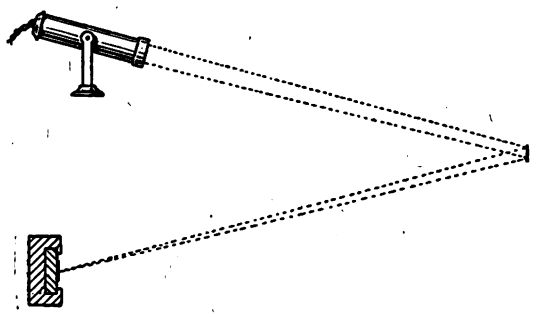


Fig. 4.
Tracé du faisceau lumineux du galvanomètre.

bien que très répandue, n'est pas à recommander. Pour celles pouvant supporter de hautes tensions, le megger est préférable, tandis que pour celles de plusieurs mégohms le galvanomètre est plus indiqué. Pour les résistances faibles, comme celles de contact, par exemple, le pont ne convient pas davantage et il y a intérêt à se servir d'un ohmmètre pour faibles résistances et 3 sensibilités (fonctionnant sous 2 v) : 10, 1, 0,1 ohm donnant jusqu'à 0,0005 ohm sur l'échelle inférieure.

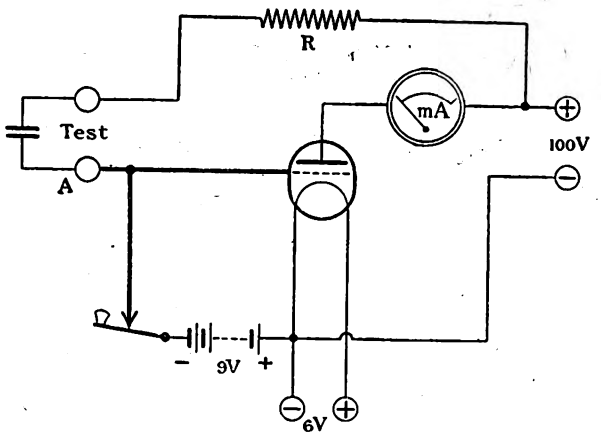


Fig. 5.
Méthode d'essai d'isolement des condensateurs.

d) *Ponts.* — Le pont à courant continu fonctionne également sur courant alternatif. Il en sera parlé ultérieurement.

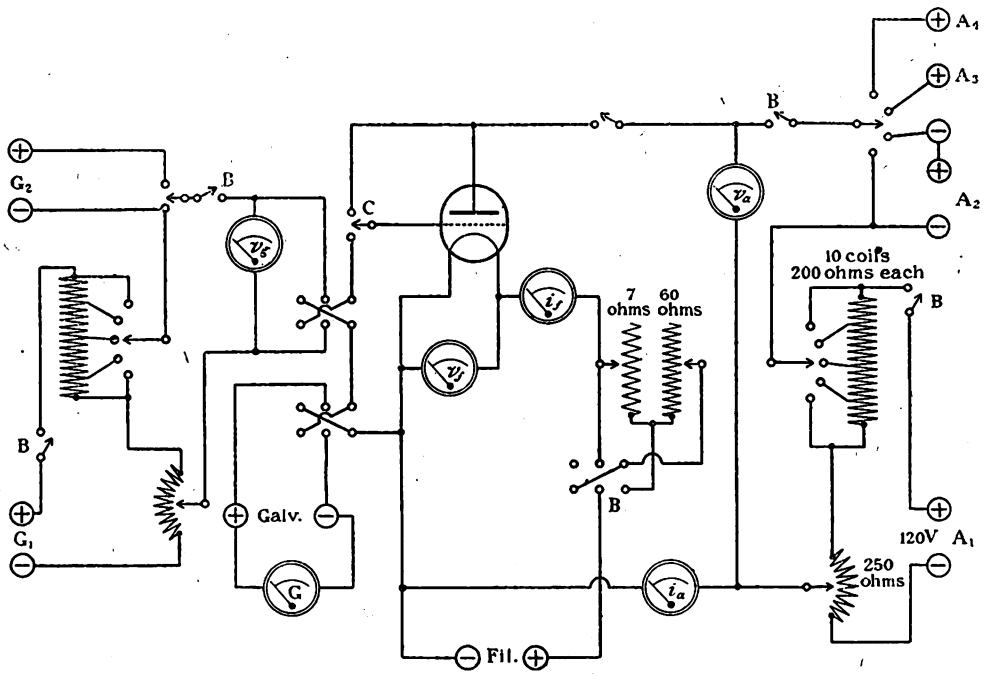


Fig. 6.
Méthode d'essai des lampes triodes.

e) *Essais de condensateurs.* — Il est indispensable de pouvoir apprécier les isolements de condensateurs jusqu'à 50 000 mégohms. La méthode par lampe illustrée figure 5 convient parfaitement. L'interrupteur étant fermé, la grille est amenée au potentiel — 9 v et le condensateur chargé sous 100 v. Lors de l'ouverture de l'interrupteur, le condensateur se décharge sur sa résistance propre, en dérivation sur les appareils et tend ainsi à faire croître le potentiel de grille et le courant d'anode.

Le temps pris par l'aiguille du milliampèremètre pour se déplacer d'un angle déterminé, multiplié par une constante et divisé par la capacité du condensateur donne l'isolement de celui-ci en mégohms.

Il est extrêmement important que les connexions indiquées sur le schéma en traits forts soient parfaitement isolées (de l'ordre de 50 000 à 100 000 mégohms). Cet isolement varie avec le temps, mais peut être vérifié fréquemment et conduit à des indications suffisamment

Digitized by Google

précises si la résistance de fuite du condensateur est assez élevée, de l'ordre de 5000 mégohms, par exemple.

Cet appareil possède une marge de sensibilité comprise entre 50 et 50 000 mégohms pour des condensateurs de 1 μf. Cette marge diminue quand la capacité augmente. Pour des condensateurs inférieurs à 0,005 μf la décharge est trop rapide, à moins que leur isolement propre et celui de l'appareil soient du même ordre.

f) *Essais de valves.* — Après avoir passé en revue les différentes méthodes d'essais dynamiques des lampes, pour en tirer la valeur de leur résistance interne et de leur coefficient d'amplification en courant alternatif, l'auteur conclut que l'essai le plus sûr est le relevé des caractéristiques statiques. Son argument est que, si les méthodes dynamiques fournissent d'une façon très satisfaisante les pentes des courbes I_g/V_a et I_a/V_a, ces chiffres ne sont pas suffisants; il y manque la situation de ces courbes par rapport à leurs axes de références, ainsi que le tracé I_g/V_g souvent utile.

Le montage illustré figure 6 donne la solution cherchée : Des supports de lampes de chacun des types vendus occupent le haut de l'appareil; des commutateurs individuels permettent de les relier aux circuits d'essais. Des instruments de mesure fournissent la tension et l'intensité d anode et de filament, ainsi que la tension de grille. L'intensité dans le circuit grille est donnée par un galvanomètre extérieur. Ces appareils possèdent les diverses sensibilités suivantes :

Intensité d'anode.	En M.-A.	0.1	5		20	100	500
Tension d'anode.	En v.	0.25	125		250	1250	
Intensité dans le filament. . .	En A.	0.0,1	0,25		1,25	2.5	
Tension aux bornes du filament.	En v.	0.2,5		12,5			
Tension de grille..	En v.	0.2,5		12.5	25	125	

Le filament est alimenté à travers deux rhéostats, pouvant travailler soit en série, soit en parallèle, et de valeurs respectives suivantes : 60 ohms, 7 ohms. Le plus faible sert de vernier au plus fort.

La tension anodique est obtenue de plusieurs batteries alimentant un groupe de 10 résistances de chacune 200 ohms en série avec un potentiomètre de 250 ohms. Étant donné le montage réalisé, les indications du voltmètre de tension plaque comprennent la chute de tension dans le milliampèremètre du circuit d'anode (0,5 v pour sa déviation totale).

L'alimentation du circuit grille est analogue à celle du circuit plaque, mais comporte, en outre, un inverseur permettant de rendre la grille positive ou négative par rapport au filament.

Le commutateur C a pour but de réunir la grille à la plaque lors des essais d'émission.

Cet appareil, quoique coûteux et long à mettre au point, s'est révélé d'un concours très précieux, tant par la précision des relevés qu'il permet que par sa rapidité et sa facilité d'emploi.

Travaux en courant alternatif. — a) *Sources et appareils de mesure.* — Une des grosses difficultes rencontrées dans les travaux en courants alternatifs, est la forte consommation des appareils de mesure, qui est généralement de l'ordre de la puissance en jeu dans les circuits à mesurer. En outre, l'impédance de ces appareils — en tout cas pour ceux à fer doux — n'est pas exclusivement réactive, mais variable avec leurs indications. La même remarque s'applique d'ailleurs, dans une certaine mesure, aux dynanomètres. L'emploi de ces types d'appareils n'est donc indiqué que pour des travaux grossiers, où l'on peut négliger leur consommation propre.

Les véritables mesures de laboratoire, pour courants alternatifs de toutes fréquences, doivent s'effectuer au moyen d'appareils thermiques, à plusieurs sensibilités, conjugués avec ces éléments thermo-électriques et un millivoltmètre. On peut ainsi couvrir la gamme 0-10 à 0-1000 m-A avec des impédances purement résistantes et de valeurs connues. La méthode est en outre applicable sur courant continu. Associé à une résistance série de 10 000 ohms, l'appareil peut être utilisé à l'étalonnage des voltmètres à courant alternatif.

Le voltmètre à lampe diode (1) avec microampèremètre et grande résistance série est très utile à la mesure des tensions alternatives. Le montage de l'ensemble est donné figure 7. La source à 200 v 50 per. sec est appliquée au potentiomètre P, soit directement, soit à travers un transformateur abaisseur donnant 6 ou 24 v. Le commutateur B retire une partie de la résistance d'anode pour les faibles sensibilités, tandis que, d'autre part, il fournit un shunt à l'appareil de mesure, pour les sensibilités plus grandes.

Ce circuit absorbe 240 microampères sous 200 v efficaces.

Sous 5 et 25 v d'alimentation, il ne consomme que 24 microampères. Son impédance est purement résistante, si l'on néglige le facteur de puissance de la résistance d'anode qui varie avec la forme de l'onde de tension; l'erreur qui s'ensuit est d'ailleurs négligeable. La lampe peut être changée sans affecter la précision des mesures. Étant donné que, pour être rigoureusement constantes, les résistances d'anode doivent être faites de fil bobiné et que ce mode de construction ne permet pas d'éviter un effet réactif, les voltmètres à lampes diodes ne conviennent que pour les mesures aux fréquences basses.

b) *Wattmètres.* — La mesure des faibles puissances en courant alternatif peut s'effectuer par un wattmètre indiquant de 11 à 44 w par exemple. Mais l'appareil est alors sensible à sa consommation propre. On peut éliminer cette source d'erreur en effectuant deux mesures, comportant, la première l'erreur due au circuit à fil fin (fig. 8*a*), la seconde celle due au circuit à fil gros (fig. 8*b*). L'erreur la plus grande dépend de la charge et des constantes de l'appareil. La lecture la plus faible est la plus juste, si la plus haute la dépasse de plus de 40 pour 100.

(1) Voltmètre amplificateur d'Abraham.

Digitized by Google

Pour des mesures plus précises, on peut utiliser une courbe de correction tirée de l'équation suivante :

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{\varepsilon R_V + R_1}{\varepsilon R_V (1 + \varepsilon)}$$

où :

R_1 = Résistance de l'enroulement série.
R_V = Résistance de l'enroulement derivation
ε = Proportion de l'erreur due à la plus faible lecture.
W_1 = Lecture maxima fournie par l'appareil.
W_2 = Lecture minima fournie par l'appareil.

(Il est indifférent que W_1 corresponde à la figure 8*a* et W_2 à la figure 8*b* ou inversement).

L'équation ci-dessus fournit ε pour toute valeur du rapport $\frac{W_1}{W_2}$.

Travaux aux fréquences acoustiques. — a) *Sources d'alimentation.* — Un générateur à lampe semble tout indiqué; mais il est indispensable qu'il fournisse une note pure.

A cet égard, le couplage entre éléments de lampes par self-inductance à fer ne semble pas propice. D'autre part, des selfs-inductances sans fer risquent de donner lieu à des champs environnants d'une certaine importance qu'il est difficile de limiter au moyen d'écrans magnétiques étant donné l'accessibilité nécessaire des circuits pour en régler la fréquence.

Finalement, il a semblé préférable d'utiliser des battements détectés.

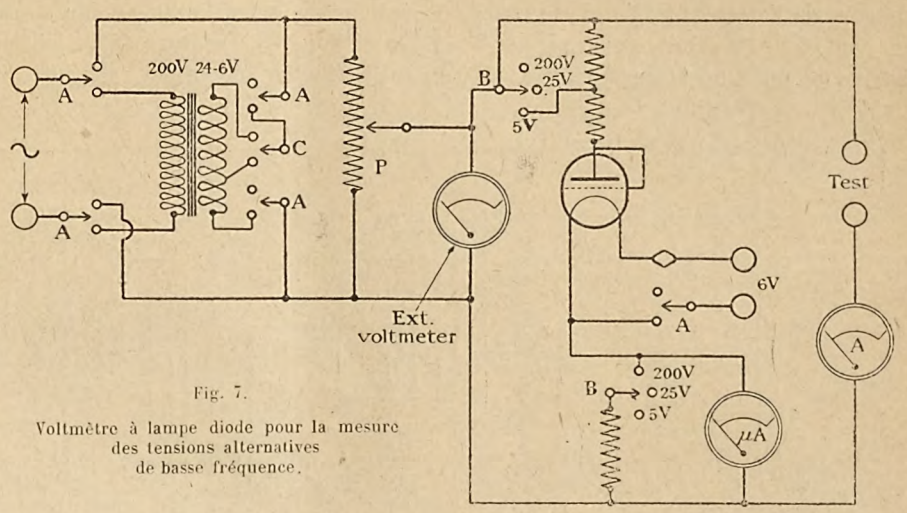


Fig. 7.

Voltmètre à lampe diode pour la mesure des tensions alternatives de basse fréquence.

L'auteur s'est arrêté au montage schématisé figure 9, où les appareils sont répartis en six compartiments séparés et protégés par des écrans reliés au potentiel le plus bas de l'ensemble.

Pour éviter l'inter-action entre deux oscillateurs, le débit de l'un est filtré à travers un étage d'amplification neutralisé.

Pour éviter la production d'harmoniques lors de la détection des battements, l'un des détecteurs reçoit plus d'énergie que l'autre ; enfin, pour conserver à l'ensemble un débit indépendant de la fréquence le détacteur le moins chargé qui contrôle la puissance à la sortie est maintenu constant. Le réglage de la fréquence résultante s'obtient en agissant sur l'oscillateur le plus puissant.

L'oscillateur le plus faible est représenté en (1) (fig. 9). Sa fréquence est invariable. Il est faiblement couplé à l'amplificateur neutralisé et accordé (2) qui est lui-même faiblement couplé au détecteur (4). Dans ces conditions, il est impossible à l'oscillateur puissant (3) de réagir sur (1) par l'intermédiaire de (3). Pratiquement, les oscillateurs ne s'amorcent que pour une fréquence de battements de 2 ou 3 per : sec, leurs fréquences propres sont de l'ordre de 500 000 per : sec. En outre, les faibles couplages et l'accord pointu de (2) éliminent les harmoniques produits par (1) qui, s'ils atteignaient (4), se combineraient avec ceux de (3) pour fournir des multiples de la fréquence de battement. La tension fournie par (1) au détecteur est à peu près 1/10 de celle fournie par (2).

Il est intéressant de noter que la neutralisation de l'amplificateur (2) est indispensable au bon fonctionnement de l'ensemble.

La multiplicité des condensateurs de (3) a pour but la précision des reglages. A est de 1000 μμf; C est variable et de 1000 μμf maximum ; B est de 100 μμf et D est variable de 20 μμf seulement. Toute la souplesse de réglage qui en résulte permet de compenser les grandes différences entre les lampes que l'on peut avoir à remplacer.

La gamme des fréquences fournie par l'appareil s'étend de 10 à 7000 per : sec. Au-dessous de 10, l'émission est irrégulière; on étendrait la limite supérieure en augmentant les capacités B et réduisant A; mais il y aurait probablement lieu de revoir le filtre (5).

Dans l'appareil original, la détection s'effectuait par la courbure de la caractéristique de grille; mais il fut constaté que la puissance débitée croissait avec la fréquence (10 fois plus forte pour 5000 per sec que pour 50 per : sec) sans que rien ne paraisse justifier le phénomène. Il disparut dès que la détection fut cherchée par la courbure de la caractéristique plaque.

Le filtre (5) a pour but d'arrêter les composantes de haute fréquence issues de la détection. Son rôle est absolument essentiel si le débit est mesuré avec un appareil tel qu'un voltmètre à valve qui est sensible aux fréquences élevées. Il fut d'abord établi à deux cellules mais donnait lieu à une caractéristique débit/fréquence d'allure plongeante. Une seule cellule fut reconnue suffisante, la pente de la caractéristique susdite pouvant être réglée à volonté par la valeur de la capacité variable E.

Digitized by Google

L'appareil ainsi réalisé a fourni des résultats remarquables ; sa construction et sa mise au point ont eu lieu tout à fait empiriquement, la théorie ayant parfois conduit à des résultats opposés à ceux cherchés.

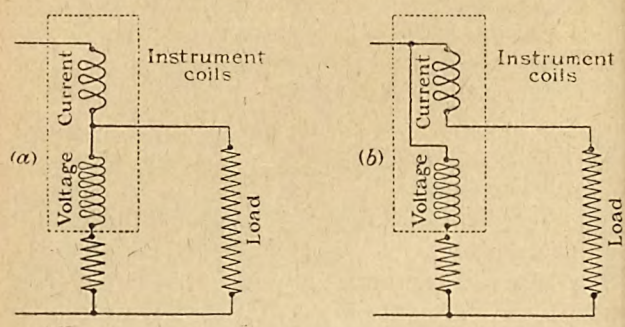


Fig. 8.
Mesures au wattmètre.

Aucun oscillogramme n'a été relevé. Mais il est cependant possible d'évaluer l'importance des harmoniques fournis par l'appareil en l'utilisant comme générateur sur un pont, pour l'essai d'un mauvais condensateur ou d'une bobine de self-inductance médiocre. En l'absence d'harmonique, l'accord du pont n'est possible que pour une fréquence unique.

Un essai peut être moins sévère, mais en tout cas très concluant et qui a été d'une grande utilité tout au long de la mise au point de chacun des organes des oscillateurs consiste à faire débiter le battement sur un circuit bouchon accordé par exemple à la fréquence 4000 per : sec à travers une résistance. Un voltmètre à lampe mesure les tensions aux bornes du circuit bouchon. On relève ainsi la courbe de cette tension en fonction de la fréquence de battement ; cette courbe doit présenter l'aspect d'une courbe de résonance à maximum unique en l'absence d'harmoniques. L'amplitude de ceux-ci, sur les oscillateurs définitifs, ne dépassaient pas 3 pour 100 de celle de l'onde fondamentale.

b) *Tensions et intensités.* — Les mesures de tensions et d'intensités aux fréquences acoustiques s'effectuent avec un voltmètre à lampe. L'emploi d'ampèremètres entraîne une consommation exagérée. Pour évaluer 10 m-A un thermo-couple absorbera en effet 300 μw, tandis que la mesure de la tension aux bornes d'un condensateur supportant cette intensité ne demandera que 1 à 10 μw.

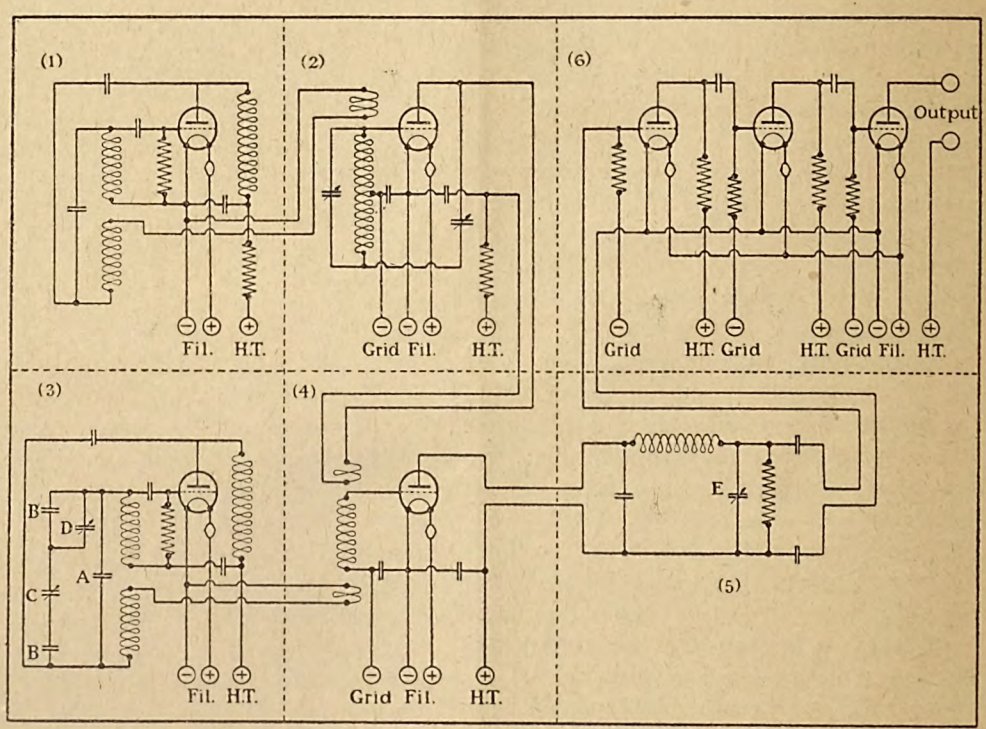


Fig. 9.
Source d'alimentation à fréquence acoustique.

c) *Ponts à capacités.* — Lors de mesures à fréquences relativement élevées, le facteur de puissance des inductances d'un pont ordinaire ne reste plus négligeable, et, en outre, varie. Il y a donc intérêt à se servir de ponts à capacités variables au lieu d'inductances réglables ; le facteur de puissance d'un bon condensateur est, en effet, à peu près indépendant de la fréquence qui le traverse.

d) *Ponts combinés pour courants alternatif et continu.* — On emploie ici un pont d'Anderson pouvant évaluer les inductances de 100 μH à 100 H, les capacités de 0.001 μF

Digitized by Google

à 10 μF, et les résistances en courant continu; le schéma et la constitution en sont bien connus.

e) *Mesures de fréquences.* — L'étalonnage de l'oscillateur peut s'effectuer par comparaison de sa note de battement avec un jeu de diapasons. En reliant les différents points de comparaison on obtient ainsi la courbe complète de réglage. Mais les moindres variations dans les sources d'alimentation ou les lampes elles-mêmes introduisent des erreurs sensibles.

L'auteur étudie actuellement un dispositif à corde vibrante entretenue dans l'entrefer d'un électro-aimant dont il attend de grands résultats.

f) *Mesures effectuées aux fréquences acoustiques.* — Le générateur et le voltmètre à lampe peuvent servir à la mesure de l'amplification d'un montage à lampe, suivant la méthode connue. D'une façon générale, il est préférable de disposer les appareils de telle façon qu'aucun d'eux ne dépende du degré de précision du voltmètre. On réalisera par exemple le montage de la figure 10. Une impédance comparable à celle du circuit d'utilisation normale est intercalée à la sortie de l'amplificateur en série avec une résistance variable connue de quelques centaines d'ohms. R_1 et R_2 sont en rapport convenable, suivant l'amplification à mesurer; la mesure s'effectue en agissant sur R_3 jusqu'à ce que le voltmètre s'immobilise en fermant l'inverseur A.

Pour une tension de débit donnée, la composante alternative à travers R_3 est connue. Ayant mesuré la réactance et la résistance de la charge à la fréquence considérée, il est facile d'en déduire la tension alternative dans le circuit de débit, et, par conséquent, l'amplification cherchée. On isolera le voltmètre du courant continu par la combinaison B, dont l'influence s'évalue facilement si l'impédance du voltmètre est connue.

Travaux en haute fréquence. — a) *Sources et mesures.* — Tout laboratoire possède un ondemètre pour servir de source à fréquence étalonnée, et trois ou quatre autres types d'appareils d'une moindre précision (buzzer...)

Dès que l'on cherche à obtenir une certaine puissance, le meilleur procédé consiste à monter un petit oscillateur local à lampe triode.

D'une façon générale, ainsi qu'il a déjà été remarqué plus haut, dès que l'on s'attaque à la mesure des intensités en haute fréquence, il est préférable d'en faire l'évaluation au moyen d'un voltmètre amplificateur relié aux bornes d'une réactance connue traversée par le courant à mesurer.

La présence du voltmètre et de ses accessoires n'apporte qu'une très faible perturbation dans les caractéristiques du circuit en essai, surtout si l'on observe l'élémentaire précaution de mettre un de ses points au potentiel de terre.

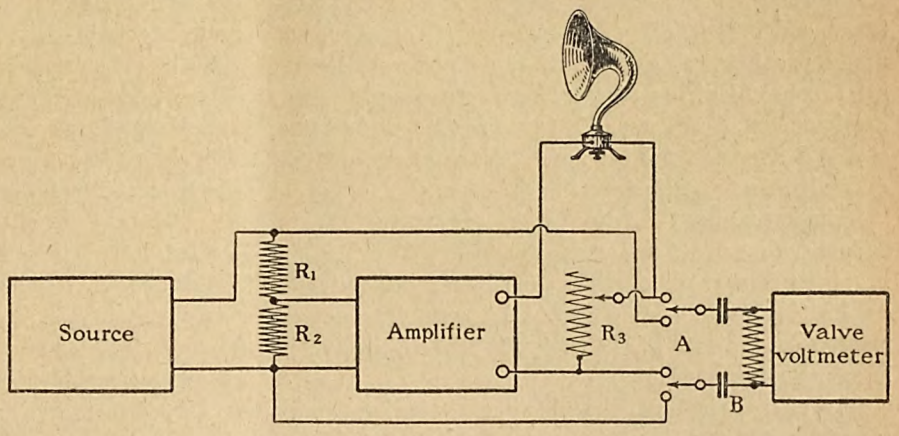


Fig. 10.
Mesure du coefficient d'amplification d'un montage à lampes.

b) *Fréquence.* — L'ondemètre est l'appareil qui convient le mieux à la mesure des fréquences. On peut le réaliser de diverses manières. Il y a avantage à le constituer par un oscillateur à lampe avec appareils de mesure laissés en permanence dans les circuits de filament et

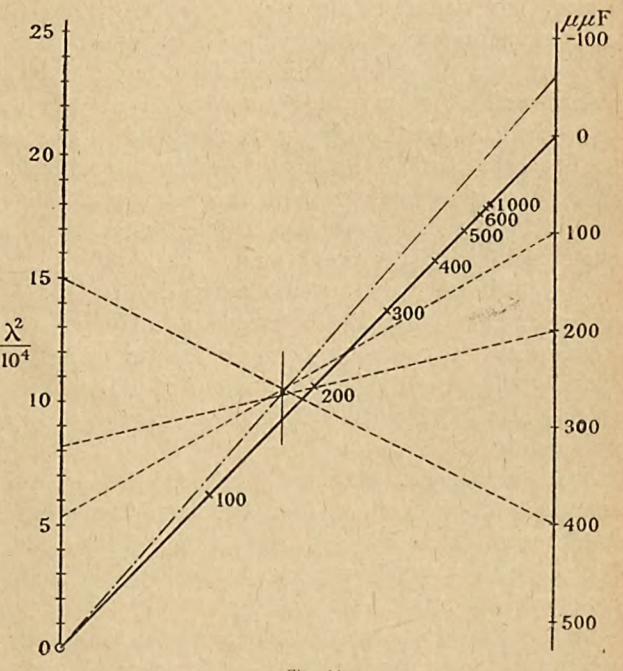


Fig. 11.
Détermination graphique de la capacité propre des enroulements à forte impédance.

d'anode. La qualité du condensateur est de toute première importance. Tout l'ensemble doit être soigneusement placé sous écran magnétique avec une unique ouverture en vue du couplage avec les circuits extérieurs. Son

Digitized by Google

étalonnage sera fait sur des émissions étalonnées connues ou dans un laboratoire équipé à cet effet. On peut utiliser la méthode suivante qui est simple et très précise (1).

Un récepteur à hétérodyne est monté pour recevoir simultanément une émission étalonnée et celle de l'oscillateur ondemètre. Celui-ci est réglé jusqu'à ce que le son rendu par le récepteur ne soit plus qu'un battement extrêmement lent, ou mieux, disparaisse complètement. Pratiquement, l'oscillateur n'est pas d'une stabilité absolue et peut donner de 2 à 3 per : min. Mais cette perturbation est insignifiante sur le degré de précision du résultat.

Il importe que l'émission extérieure et l'oscillateur ondemètre ne soient pas en opposition de phase. Il suffit, pour s'en assurer, de modifier très légèrement le réglage de l'hétérodyne du récepteur. Les deux notes qui en résulteront devront varier dans le même sens, en donnant le même battement lent.

Si, sans rien modifier, la seule approche de la main du récepteur produit l'élévation du ton d'une note et l'abaissement du ton de l'autre, c'est que les deux oscillations sont en opposition de phase.

c) *Capacité et inductance.* — Les capacités sont mesurées en haute fréquence lorsqu'il est à craindre que leur valeur diffère, mesurée en haute et en basse fréquence. Elles s'évaluent généralement au pont alimenté sous 1000 per : sec.

La capacité propre des enroulements à haute impédance, tels que les résistances d'anodes, bobine de choc, etc., se mesurent facilement en les reliant en parallèle, aux bornes d'une capacité comme faisant partie d'un circuit oscillant et en notant la variation nécessaire de cette capacité pour retrouver l'accord de résonance préalablement établi. Il est important, dans cette méthode, d'observer les précautions nécessaires à la séparation de la véritable capacité propre de l'enroulement par rapport aux capacités parasites avec le sol.

Le voltmètre à lampe est le détecteur de résonance le plus sensible, surtout utilisé comme suit : La source et le circuit sont prévus pour que la tension aux bornes du circuit oscillant soit de l'ordre de 3 ou 4 v, pour un courant anodique de 0,5 m-A indiqué par un galvanomètre à gros shunt.

Au point de résonance, cette intensité est presque totalement compensée, et, le galvanomètre ayant son shunt retiré, donne une déviation de près de la moitié de son échelle, correspondant à environ 5 μA. Dans ces conditions, la sensibilité est extrême.

La capacité propre des enroulements peut s'obtenir par une méthode graphique très intéressante (fig. 11). L'échelle de droite est divisée régulièrement en micro-micro-farads ; l'échelle de gauche est divisée également de façon régulière en unités de λ^2 (ou de λ si l'on préfère). Pour chaque valeur de capacité mise aux bornes de l'enroulement, on trace la droite entre la valeur de cette capacité et l'accord auquel elle donne lieu. En procédant ainsi pour plusieurs capacités, on aboutit à un faisceau de vecteurs n'ayant généralement pas le même point de concours entre eux, mais constituant, entre les deux échelles un polygone d'erreurs. Si l'on joint, maintenant, le point de $\lambda = 0$, au centre de gravité de ce polygone, le vecteur prolongé rencontrera l'échelle de droite en un point situé au delà du zéro de capacité, et qui fournira par lecture directe, la capacité propre de l'enroulement en essai. On peut, si l'on veut, diviser la droite joignant les deux zéros en micro-henrys, les lectures d'inductance s'effectuant alors sur le point de l'échelle situé sur la verticale passant par le centre du polygone et au-dessous. Pratiquement, on calculera plus exactement l'inductance en partant des valeurs connues de la capacité propre, et de l'une des capacités ajoutées en dérivation.

d) *Résistance.* — La mesure des résistances d'enroulements à haute fréquence est encore un sujet scabreux. La méthode par variation de résistance est pratique en laboratoire en ce qu'elle est suffisamment précise et ne demande qu'une interprétation simple des mesures. On peut d'ailleurs procéder de deux façons différentes : soit évaluer la résistance totale du circuit, et faire la correction en tenant compte des résistances extérieures à la bobine, soit intercaler dans le circuit une seconde bobine, mesurer la résistance de l'ensemble, avec, et sans la bobine inconnue, et prendre la différence des deux valeurs ainsi obtenues.

Dans le premier procédé, il se présente la difficulté de mesure des résistances équivalentes de chaque élément du circuit, et notamment, du condensateur. Dans le second, le point délicat est d'introduire, puis de soustraire la bobine en essai, en étant certain de ne créer aucune différence dans la répartition des courants réduits et des champs inducteurs ; en outre, le condensateur variable demande à être accordé, ce qui varie sa résistance effective. D'après M. R. M. Wilmotte, du Laboratoire National de Physique des États-Unis, la seconde des deux méthodes précédentes serait la plus précise. Mais la première serait plus maniable, surtout pour être appliquée fréquemment.

On peut disposer l'appareil de laboratoire suivant la figure 12 : sur un panneau sont montées d'une façon définitive : 2 bornes pour le voltmètre amplificateur ; 2 bornes pour le condensateur ; 2 douilles pour la fixation et la connexion de la bobine en essai ; enfin, un support spécial est prévu pour l'insertion de résistances fixes de valeurs connues en haute fréquence. Dans ces conditions, le circuit est bien déterminé, ses résistances peuvent être évaluées une fois pour toutes.

La constitution des résistances demande certains soins. Leurs inductances et leurs capacités propres doivent être respectivement égales et du même ordre de grandeur.

Ces caractéristiques varient avec les diamètres de

(1) Sur la constitution et la réalisation d'un ondemètre normalisé, de grande précision, voir l'*Industrie électrique* n° 847 du 10 octobre 1927, p. 447.

Digitized by Google

bobines. Mais il est possible de réduire sensiblement les différences en enroulant deux fils en parallèle; la capacité s'en trouve légèrement accrue.

Après avoir trouvé la résistance totale du circuit, on affectuera les corrections donnant les pertes dans chacun de ses éléments. Des résultats de nombreux essais, il ressort que ces pertes se présentent comme si elles étaient dues à de faibles capacités de facteur de puissance élevé. Témoins les chiffres ci-dessous :

ORGANE du circuit.	CAPACITÉ en μμ F.	FACTEUR de puissance.	φC_s / 0.1885
Voltmètre amplificateur.	12.4	0,0096	0.65
Connexions du montage .	14.4	0,0104	0,80
Support de la bobine . .	2.4	0,0254	0.32

La dernière colonne est un facteur qui ramène les pertes d'un circuit résonant quelconque à celles d'une résistance apparente en série.

Si C_s = Capacité de l'organe (colonne 2).

φ = Facteur de puissance de l'organe (colonne 3).

C_t = Capacité totale (condensateur + capacité propre de la bobine et des accessoires de montage).

λ = Longueur d'onde à laquelle s'effectue la mesure.

R' = Résistance apparente série due aux accessoires de montage.

On a :

$$R' = \frac{\varphi C_s}{0{,}1885} \times \frac{100\lambda}{C_t^2} \text{ ohms.}$$

Dans les cas où $C_t = 250$ μμF et $\lambda = 400$ m, on obtient $R' = 1{,}12$ ohms pour tous les accessoires.

Relevé des essais. — Chaque travail donne lieu à une série de notes de la part de l'opérateur. Ces notes, pour être profitables, doivent faire ensuite l'objet d'un rapport écrit, précis et détaillé, remis à l'ingénieur en chef, un double et les notes originales étant conservés au laboratoire.

Ces rapport et notes doivent ensuite être classés suivant une méthode appropriée, permettant une documentation ou des recherches faciles et rapides.

Divers. — Il convient enfin de s'arrêter à quelques considérations d'ordres divers.

Il sera, par exemple, nécessaire de constituer un certain stock de lampes triodes, des types courants et autres, prêtes à être mises en service sur la table d'essai. Elles seront avantageusement rangées sur une étagère à compartiments capitonnés de caoutchouc ou de liège, chaque cellule portant l'indication du type de lampe qui y est tenue en réserve.

Il sera également indispensable de disposer d'une certaine quantité de fils de toutes natures, pour connexions et résistances diverses. Ces dernières seront faites en fil sous soie.

On constituera aussi un dispositif simple et pratique de bobinage, autant que possible actionné par un petit moteur.

On disposera également d'un grand nombre de connexions toutes coupées, de longueurs variées terminées à leurs extrémités par des cosses soudées et recouvertes de tresses colorées.

Conclusions. — L'auteur a traité des différentes méthodes de travail en laboratoire plutôt que d'organisation matérielle. C'était là d'ailleurs l'essentiel, car il est bien évident que l'organisation est souvent un cas d'espèce variant avec les conditions locales.

Les grandes lignes indiquées importent seules. Il ressort de l'exposé précédent que, bien qu'il ait été question

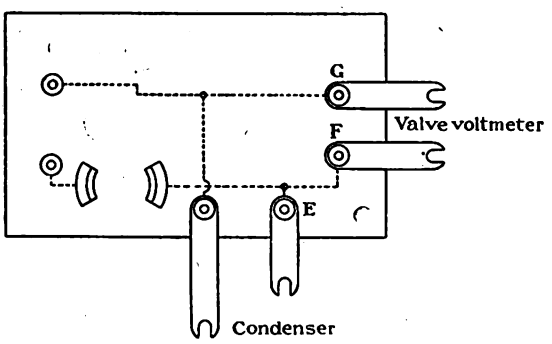


Fig. 12.

d'un laboratoire industriel, on s'est attaché à constituer un matériel sérieux, et d'une grande précision, qualités qu'on ne recherche généralement à ce point que pour les études scientifiques pures.

Il n'y a cependant aucune raison de rien sacrifier à l'industrie dont le progrès est lié à un contrôle rigoureux et scientifique de la production. Il semble parfois que les dépenses à consacrer à un organisme de contrôle, établi sur des bases aussi sérieuses ne sont pas justifiées par les services qu'il peut rendre. Cette opinion est fort erronée comme le constaterait la moindre entreprise désireuse de s'imposer sur le marché, qui voudrait s'y essayer,

Enfin, s'il est une branche particulière de l'industrie qui a besoin de laboratoires scientifiquement organisés, c'est bien celle de la radioélectricité qui en est seulement à ses débuts et s'offre pleine de débouchés pour l'avenir. C'est à cet égard qu'il nous a paru intéressant de publier les considérations précedentes.

J. M.

Digitized by Google

LA MISE EN CIRCUIT DES TRANSFORMATEURS
SUR LES RÉSEAUX TRIPHASÉS

La mise en phase d'un générateur ou transformateur sur un réseau est généralement considérée comme une opération assez délicate. Une fausse connexion est en effet facilement établie. Cependant toute erreur peut être évitée par l'observation des trois simples conditions suivantes : 1° Tension et fréquence respectivement égales. 2° Relations convenables entre le déphasage des tensions de ligne et du générateur ou transformateur. A cet égard, les relations entre phases des deux machines peuvent être ou ne pas être superposables ; leur ordre dépend du mode de connexion des appareils. 3° Sens correct de rotation de phase ; la figure 1 montre le sens correct, et la figure 5 le sens inverse. Cette condition dépend de la précédente. Si les relations entre phases se correspondent à tout instant, on est assuré de leur sens correct de rotation ; il est donc nécessaire de mettre en phase simultanément tous les circuits. On évite ainsi les erreurs conduisant aux figures 2, 3, 4 et 5 qu'une comparaison de 2 phases seulement de chaque machine ne suffit pas à déceler.

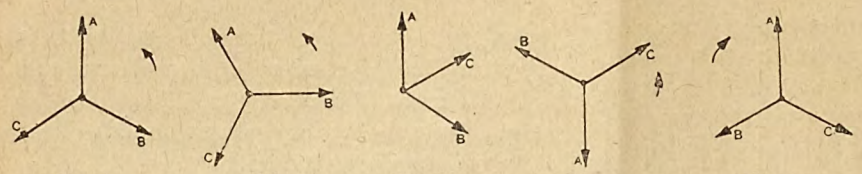


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

Schéma vectoriel des sens de raccordement possibles des fils de phase.

La mise en phase est nécessaire lorsqu'il s'agit de connecter entre eux les enroulements d'un transformateur en triangle, et d'un convertisseur ; d'un moteur synchrone et d'un générateur, de deux générateurs, transformateurs ou convertisseurs devant fonctionner en parallèle sur les barres d'un même réseau triphasé. Lorsqu'il s'agit de transformateurs dont les enroulements primaires sont déjà en parallèles, le sens des connexions secondaires peut être déterminé par l'emploi d'un voltmètre qui donne plus de précision que des lampes.

Les lectures doivent présenter entre elles des relations déterminées, elles ne peuvent être précises d'aucune autre manière. Si les connexions sont établies suivant la figure 7, il y a lieu de noter qu'au synchronisme, ou lorsque la mise en phase est correcte, la tension aux bornes des lampes est exactement double de celle d'un seul transformateur, si ceux-ci sont de même rapport.

Pour le couplage de machines ou transformateurs à basse tension, le schéma de la figure 6 est recommandé. Les lampes s'éteignent complètement au synchronisme. Dans le cas de transformateur, il convient particulièrement de s'assurer que les lampes utilisées sont en bon état, elles doivent toutes s'allumer et s'éteindre simultanément si l'ordre des connexions est correct, ou alternativement si le sens de rotation du champ est mauvais.

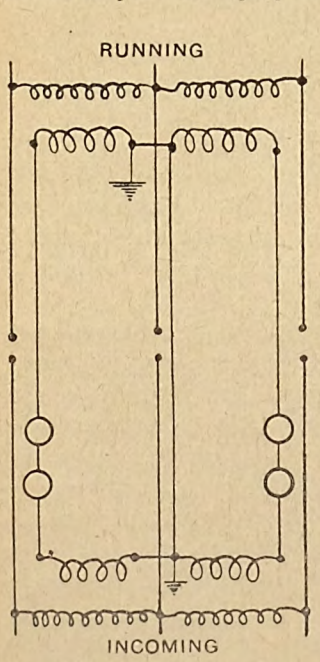


Fig. 6.

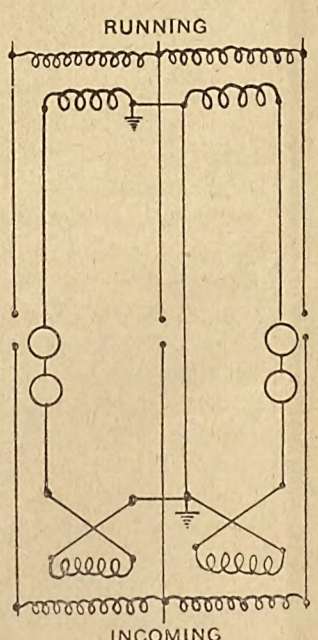


Fig. 7.

Dispositifs de synchronisation par lampes.

Lorsque, comme dans le cas de la figure 9, une phase est connectée en permanence, la tension aux bornes des lampes devient le double de celle de la ligne. Avec trois groupes de lampes (fig. 8) chacun d'eux supporte le double de la tension entre phase, soit $\frac{2}{\sqrt{3}} U$, U étant la tension de ligne.

Quand il s'agit de hautes tensions, il est préférable d'utiliser d'autres méthodes que celles des figures 8 et 9 de façon à protéger davantage contre la manipulation des connexions, sous tensions dangereuses ; on emploie alors avantageusement des transformateurs de potentiel (1).

Dans le cas où il s'agit d'un transformateur connecté en triangle dont les polarités sont inconnues d'un seul côté seulement, le raccordement de l'autre côté aux trois phases du réseau s'effectuera suivant la figure 10.

Pour explorer les extrémités libres, on pourra y relier des lampes, des voltmètres ou des transformateurs de potentiel avec lampes.

(1) *The Electrical Review*, 2 septembre 1927. M. G. H. Bowden.

Digitized by Google

On mesurera encore ici une tension double de celle du réseau. Si l'on veut recueillir cette tension double entre les bornes 2 et 5 de la figure 10, on raccordera deux des enroulements de telle sorte que l'on obtienne la tension normale de ligne à leurs extrémités libres, et la troisième de façon à lire une tension nulle entre les branches ouvertes, dans l'un des angles du triangle ; celui-ci peut alors être complété en reliant les bornes 2 et 5 (fig. 10 *a*). Des polarités incorrectement choisies conduisent aux schéma 10 *b* et 10 *c*.

Pour inverser la polarité de cet enroulement triphasé, il suffit d'inverser chaque bobine et de les raccorder entre elles suivant les figures 11 et 11 *a*. Si les points 1, 3 et 5 de la figure 11 *a* sont les bornes respectives des phases A, B et C, l'on tombe dans la polarité normale. (A noter que les figures 10 *a*, 10 *b*, 10 *c* et 11 *a* sont des tracés purement schématiques.)

Lorsqu'il s'agit des trois enroulements en triangle d'un générateur ou d'un transformateur dont les polarités sont inconnues, les connexions seront d'abord effectuées suivant la figure 12. Ils seront ensuite excités en reliant

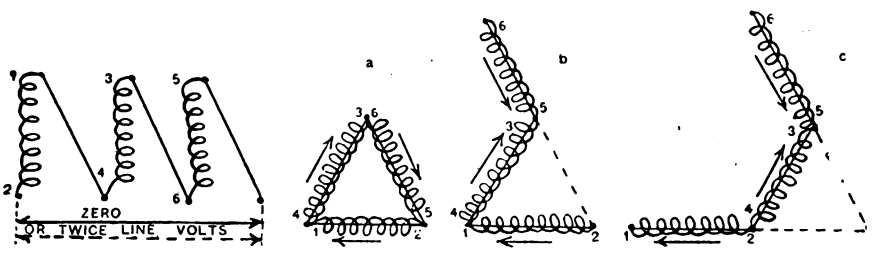


Fig. 10.

Différents modes de raccordement d'un transformateur monté en triangle.

l'autre enroulement aux trois phases du réseau. Les tensions mesurées entre deux quelconques des extrémités libres des enroulements devront être égales, et atteindre $\sqrt{3}$ fois celle entre fils de phase quelconque.

Si une ou deux phases ont leur polarité inversée, il se trouvera une borne accusant, avec chacun des fils de lignes libres adjacents, une différence de potentiel identique, mais anormale.

En inversant les connexions de l'une des phases qui aboutissent à cette borne, on retrouve les tensions normales triphasées sur le réseau. Si, dans le cas d'un transformateur, les trois phases sont inversées, il suffit, pour rétablir l'ordre normal des choses, de changer le sens de connexion de chacune d'elles (fig. 13).

La figure 13 *a* donne les schémas vectoriels correspondant aux sens de connexions correct ou incorrect des différentes phases.

Aux basses tensions, les mesures peuvent s'effectuer avec des lampes à filament de carbone reliées en série ; mais on obtient des indications beaucoup plus précises avec un voltmètre à plusieurs sensibilités.

Aux hautes tensions, les transformateurs de potentiel deviennent nécessaires. Les mesures se compliquent du fait de la mise à la terre de l'enroulement secondaire et des polarités relatives de ces transformateurs auxiliaires. La mise à la terre s'impose en raison des fuites possibles

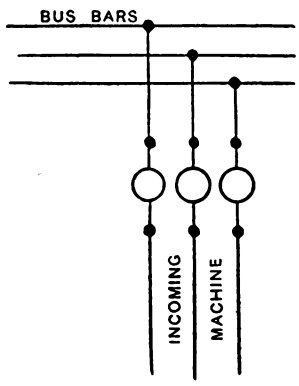


Fig. 8.

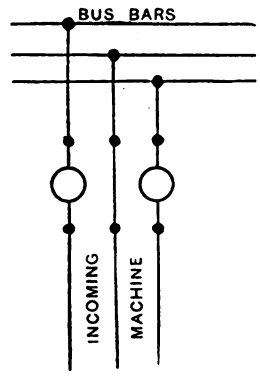


Fig. 9.

Dispositifs de synchronisation par lampes.

entre les enroulements haute et basse tensions de l'appareil et du danger des charges statiques possibles. Les polarités peuvent parfois être déterminées par le seul examen des enroulements du transformateur de tension. Si les sens de ces enroulements sont ceux de la figure 14 *a*, les figures 14 *b* et 14 *c* donnent les polarités relatives des deux enroulements.

Il est possible de raisonner sûrement, comme suit, sur ces polarités. Le courant de charge dans le primaire ou enroulement à haute tension, tend, à un instant donné, à produire un flux d'une certaine direction par rapport au noyau ; au même instant, le courant de charge dans le secondaire ou enroulement à basse tension tend à s'opposer à la production du flux par le primaire.

Quand, à un instant déterminé sur le primaire, la polarité d'une borne est positive par rapport à une autre, le

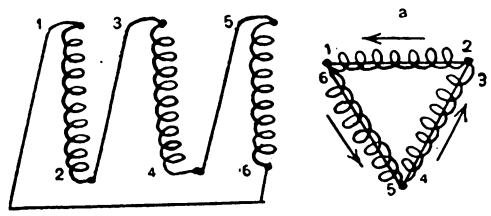


Fig. 11.

Inversion de polarité d'un enroulement en triangle.

courant de charge traversera l'enroulement dans le sens des potentiels décroissants. Au même moment, le courant de charge dans le secondaire s'effectue de la borne positive à la négative, à travers le circuit de débit.

Ceci montre qu'en ce qui concerne les polarités d'un transformateur de potentiel, mieux vaut, pour toute interprétation mentale, considérer les potentiels relatifs

Digitized by Google

plutôt que les directions relatives de circulation du courant.

Il existe d'ailleurs une méthode pratique de détermination de ces polarités (fig. 15 et 16).

Dans le cas d'un transformateur monophasé, relier une

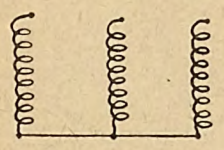


Fig. 12.

Sens de polarité inverse de celui de la fig. 13.

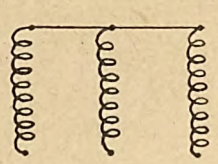


Fig. 13.

Sens de polarité inverse de celui de la figure 12.

des bornes haute tension à l'une des bornes basse tension, soient par exemple, 3 et 2, et connecter les bornes haute tension à un réseau à courant alternatif (3 et 4). Mesurer au voltmètre les tensions entre 1 et 4 d'une part, et

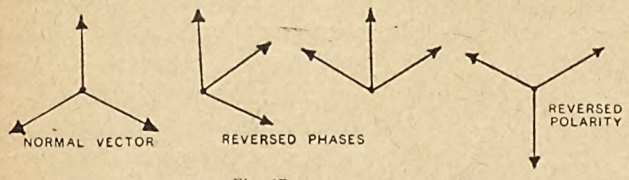


Fig. 15 *a*.

Schéma vectoriel des sens de raccordement possibles de phases.

3 et 4 d'autre part. Si les polarités respectives des bornes sont celles du schéma 15, la tension entre 1 et 4 sera inférieure à celle entre 3 et 4. Si les polarités sont inversées sur l'un seulement des enroulements haute ou basse tension, la tension entre 1 et 4 sera supérieure à celle entre 3 et 4.

Si le transformateur est à rapport de transformation

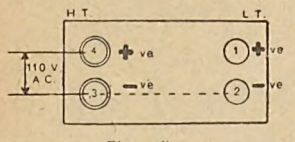


Fig. 15.

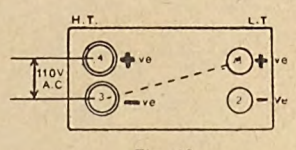


Fig. 16.

Recherche des polarités avec du courant continu.

élevé, on peut procéder plus avantageusement en reliant 1 et 3, et en relevant les tensions entre 2 et 4, puis entre 3 et 4. Si les polarités réelles sont celles indiquées au schéma, la tension entre 1 et 4 (fig. 15) est inférieure à celle entre 2 et 4 (fig. 16). Si les polarités d'un côté seulement sont inversées, la différence est de sens opposé.

Il faut avoir soin d'éviter que l'enroulement secondaire ne soit connecté au réseau d'alimentation à basse tension lors du montage des appareils. La détermination préalable des polarités n'est pas toujours nécessaire; lors de la mise en phase, les polarités relatives sont d'une indication suffisante.

Mais il est intéressant de repérer par une teinte ou un autre moyen quelconque les phases du côté haute tension.

Les enroulements haute tension des transformateurs peuvent être connectés l'un à l'autre; les bornes à basse tension correspondantes portant des indications.

La méthode offrant le plus de sécurité consiste, sans doute, à couper les enroulements haute tension des barres générales et de déterminer la correspondance des bornes de chaque groupe de transformateur de potentiel, en admettant que chacun de ces groupes comporte deux transformateurs monophasés ou un seul triphasé.

Dès que les machines rotatives (générateurs ou convertisseurs) sont amenées en phase, le branchement du transformateur de potentiel peut être effectué normalement.

Lorsque ses connexions avec les barres principales sont correctes, toutes les lampes, si elles sont reliées suivant la figure 6, passeront périodiquement de l'extinction totale à l'éclat maximum. La tension maxima à laquelle elles sont soumises est le double de celle du secondaire du transformateur de potentiel, c'est-à-dire 220 v le plus généralement (en admettant que les machines sont excitées sous la tension normale).

L'extinction a lieu au moment du synchronisme.

La figure 7 donne un autre montage de la même méthode, portant les lampes à leur éclat maximum lors du synchronisme.

J. M.

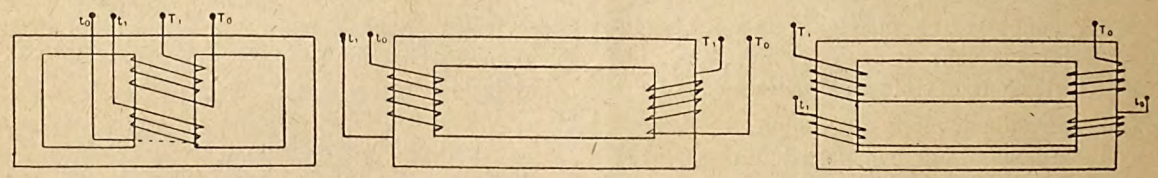


Fig. 14 *a*. Fig. 14 *b*. Fig. 14 *c*.

Sens de raccordement des phases d'un transformateur de potentiel.

Le bon repérage des connexions est très important dans les postes de comptage haute tension. Sur réseaux triphasés notamment, il arrive malheureusement que des erreurs rendent le comptage faux et illusoire. Il n'y a que trop d'exemples récents de ces défauts de montage, aussi ne saurions-nous trop insister sur l'importance d'un bon repérage préalable.

N. D. L. R.

Digitized by Google

L'OSCILLOSCOPE OU OSCILLOGRAPHE CATHODIQUE STABILISÉ A AXE DES TEMPS LINÉAIRE

L'oscillographe à rayon cathodique utilisé en tout premier lieu par Brano, et admirablement perfectionné par la suite, par Ryan, Dufour, et d'autres, est supérieur, à certains points de vue, aux oscillographes du type Blondel ou Duddell qui utilisent un miroir vibrant. Le faisceau cathodique est d'abord dénué d'inertie, ce qui lui permet de suivre instantanément les variations d'un champ électrique ou magnétique, même aux hautes fréquences. L'oscillographe cathodique du type couramment utilisé jusqu'à ce jour présente cependant l'inconvénient de ne pas montrer les variations simultanées de plusieurs quantités, ainsi que le permet l'oscillographe à miroir, sous forme de courbes en coordonnées rectangulaires avec l'axe des temps en abscisse.

Malgré tous les services qu'il a pu rendre dans l'étude des phénomènes périodiques et transitoires, les applications de l'oscillographe cathodique ont souffert de cette restriction. L'appareil créé en vue de combler cette lacune (1) était primitivement destiné à des observations visuelles ; à cet égard on l'avait dénommé oscilloscope.

Il est prévu pour l'enregistrement permanent par photographie suivant le procédé normal.

L'oscilloscope permet non seulement l'étude des phénomènes cycliques, mais aussi celles des phénomènes polycycliques. Il est en outre stabilisé de telle sorte que la ou les ondes à examiner peuvent être rendues stationnaires, ce qui présente un avantage certain pour l'observation de plusieurs oscillations simultanées. Les phénomènes transitoires sont aussi facilement observables que ceux simplement périodiques.

Le tube à rayons cathodiques est trop connu pour qu'une nouvelle description en soit faite ici. Le foyer du faisceau cathodique est réglé pour tomber sur le plan d'un écran fluorescent ou d'une plaque photographique. Le faisceau lui-même est sollicité dans deux plans perpendiculaires, sous l'action de groupes de plateaux ou de bobines fournissant les champs excitateurs.

Le distributeur polycyclique. — Si, avec un oscillographe cathodique ordinaire, un jeu de plateaux ou de bobines pouvait être successivement connecté à différents circuits, par le jeu d'un commutateur-distributeur très rapide, le faisceau cathodique serait soumis à chacun d'eux et permettrait l'observation simultanée de plusieurs variables.

Il suffit, en effet, d'effectuer la commutation à des intervalles de temps tels que l'œil conserve une excitation permanente et continuelle des divers tracés.

Un commutateur à 4 directions (fig. 1) a été construit dans ce but. Chacun des circuits est muni d'une résistance de protection, pour le cas de court-circuits éventuel. Un balai B parcourt un collecteur à quatre lames réparties également sur sa circonférence. Chacun des quatre frotteurs du balai B vient successivement en contact avec ces quadrants. Les bornes Y_0Y sont reliées à une paire de plateaux de l'oscilloscope, et les bornes Y_0Y_1, Y_0Y_2, Y_0Y_3, Y_0Y_4 aux divers circuits étudiés. Il est à remarquer que la borne Y_0 est commune à tous ces circuits. Si l'un de ceux-ci ne peut y être relié, il suffit de l'en isoler par un transformateur. Il est encore possible de prévoir un distributeur double qui éviterait la borne commune.

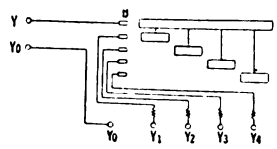


Fig. 1.
Commutateur polycyclique.

Axe des temps linéaires. — Un axe des temps linéaire, utile pour l'observation d'une seule quantité, devient presque indispensable à une interprétation convenable dans le cas de plusieurs variables.

Cette nécessité d'un axe des temps linéaire pour l'oscillographe cathodique avait été reconnue depuis longtemps et fait l'objet de plusieurs propositions ingénieuses, mais d'applications réduites.

Les dispositifs mécaniques sont limités à la valeur de la fréquence. Ceux électriques, quoique échappant à cette contrainte, sont sujets à instabilité ; or, la stabilité, déjà très importante pour l'étude d'une seule courbe, le devient encore davantage pour l'étude de plusieurs. En outre, sans précautions spéciales, ces dispositifs sont susceptibles d'amener de la distorsion.

On peut obtenir un axe des temps linéaire au moyen d'un commutateur mécanique synchrone convenable, ou d'une valve électrique synchrone. Si, par exemple, on charge, à régime constant, un condensateur à travers une résistance, la différence de potentiel à ses bornes croit en fonction directe du temps, si le commutateur du circuit de débit est ouvert ; elle tombe instantanément à zéro, à chaque fermeture de ce commutateur.

La valve Corona. — Un commutateur mécanique synchrone est encombrant et ne convient que pour les fréquences relativement basses. Une valve électrique à fonctionnement automatique pour toutes les fréquences serait évidemment très supérieure.

La lampe à décharge en atmosphère gazeuse (néon ou argon) répond à ces desiderata. Soumise à une tension croissante, cette lampe n'est traversée par aucun courant tant que le potentiel critique de décharge n'est pas atteint.

Le courant passe alors et se maintient jusqu'à ce qu'une tension plus faible dite « d'extinction » soit obtenue pour

(1) *Journal of the A. I. E. E.*, juin 1927, MM. F. Beddell et J. Reich.

Digitized by Google

laquelle il s'arrête, comme sous l'ouverture d'un commutateur.

La marge entre les tensions de décharge et d'extinction dépend de la fréquence du courant et du type de la lampe.

Toute lampe à décharge en atmosphère gazeuse possède une capacité propre, en sorte que, lorsqu'elle est alimentée par une certaine force électromotrice, à travers une résistance (supérieure à une valeur critique) elle s'allume et s'éteint périodiquement à une fréquence déterminée. Cette fréquence peut être variée à volonté en agissant sur la résistance et la capacitance du circuit.

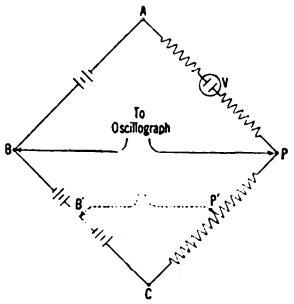


Fig. 2.
Fonctionnement sur batterie d'accumulateur.

Cette lampe travaille donc en valve synchrone, de la même façon qu'un commutateur électrique périodique. Partant de la nature des phénomènes qu'elle met en jeu, elle a été appelée « valve Corona ».

La fréquence d'extinction et d'allumage est d'autant plus élevée que la capacitance totale du circuit est plus faible. Cette capacitance peut être obtenue au moyen de condensateur en dérivation sur la lampe, ou en dérivation sur une résistance intercalée dans le circuit.

Si le circuit résonant peut être accordé sur des fréquences acoustiques ou industrielles, il est difficile d'en faire de même pour les fréquences plus élevées, avec les seuls procédés habituels. Oschwald et Tarrant auraient atteint la fréquence 95 000.

Mais la résonance tend à produire une oscillation sinusoïdale plutôt que l'onde en dents de scie rectilignes nécessaire à un axe des temps réellement linéaire. Cette forme sinusoïdale ne peut donc convenir à un oscilloscope auquel on demande une reproduction exacte des oscillations à étudier.

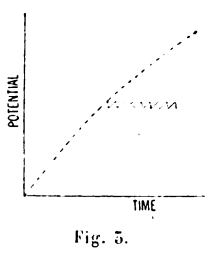


Fig. 3.
Courbes des variations de tension dans le temps.

D'autre part, on peut réaliser des fréquences très basses, de l'ordre de la minute, ou même de l'heure, en sorte qu'il n'apparaît pas *a priori* impossible de descendre encore plus bas, au moyen de réactances appropriées.

Circuit oscillant. — Le schéma des connexions fournissant un axe des temps linéaire est donné figure 2. La valve Corona peut être intercalée dans le circuit résistant APC relié à la batterie d'alimentation ABC, soit seule, soit avec des capacités supplémentaires en dérivation à ses bornes. Si sa capacitance est C, elle est soumise à une différence de potentiel $V = \varphi/C$. Elle se comporte d'abord comme un interrupteur ouvert, tant que la tension à ses bornes n'atteint pas sa valeur de décharge, sous l'accumulation d'énergie entre ses électrodes. Par cette tension, elle ouvre le passage à l'intensité, jusqu'à ce qu'elle retombe à sa valeur d'extinction. Le courant s'arrête alors, la valve se recharge, et les phénomènes se répètent périodiquement, dans le même ordre.

La figure 3 montre la variation de la différence de potentiel entre un point P du circuit résistant et un point de référence B à potentiel fixe. Cette variation est de forme exponentielle. Mais, en ne considérant qu'un élément très petit de sa courbe représentative (tracée en pointillé) on peut admettre que les crêtes de la variation en dents de scie sont suffisamment rectilignes pour fournir un axe des temps linéaire convenable lorsque P et B sont reliés aux plateaux de l'oscillographe, soit directement, soit à travers un amplificateur.

D'autres points tels que P′ et B′ fournissent des variations semblables, mais plus faibles; il y a donc là un procédé de réglage de l'amplitude de la courbe de l'axe du temps.

Les courtes branches descendantes de cette courbe en dents de scie, et qui représentent le court intervalle de temps pendant lequel la valve est traversée par le courant, sont si rapides que le spot lumineux n'en laisse qu'une trace négligeable sur l'écran où il n'apparaît, en définitive, qu'une droite.

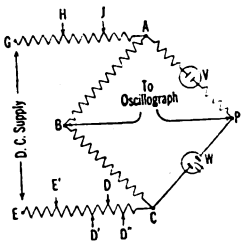


Fig. 4.
Fonctionnement sur réseau de résistances.

La figure 4 est le schéma d'un circuit résonant où un tube thermoïonique W remplace en totalité ou en partie les résistances en série avec la lampe Corona. Si cette valve travaille à saturation, elle est traversée par un courant constant qui fournit une élévation uniforme de V pendant les branches ascendantes de la courbe en dents de scie.

Le montage est le même que celui de la figure 4 lorsque le circuit résonant est alimenté par un système de résistances sur lequel débite une génératrice à courant continu au lieu et place de la batterie d'accumulateurs. Ces mêmes résistances peuvent fournir le potentiel accélérateur du tube cathodique, ainsi que toutes autres tensions nécessaires à la polarisation du déplacement horizontal ou vertical du faisceau. Ce dispositif est extrêmement pratique et permet une souplesse de réglage impossible à obtenir avec une batterie, à la condition que ses éléments soient judicieusement établis de telle sorte que les divers réglages restent indépendants les uns des autres.

Stabilité. — Pour que les relevés de l'oscilloscope soient stationnaires, il est d'abord nécessaire de synchroniser, puis de stabiliser le circuit oscillant; dans ce but, la fréquence de ce dernier est, en premier lieu, réglée de

Digitized by Google

telle façon que le faisceau cathodique revienne en arrière une fois pour chaque demi-alternance ou l'un de ses multiples, de la quantité en observation.

De même que la vitesse d'une voiture automobile doit être synchronisée avant toute intervention sur la boîte de vitesse, le circuit oscillant est synchronisé puis démultiplié électriquement dans la proportion voulue pour observer une ou plusieurs périodes de la quantité étudiée. A défaut de cette stabilisation préalable, les courbes sont susceptibles de déplacements qui en rendraient l'observation difficile.

La stabilisation peut être effectuée de différentes façons. Le procédé le plus simple consiste à introduire dans le circuit oscillant, une très faible force électromotrice de même fréquence que celle du circuit en étude. Le simple hasard ou le mode de montage des circuits peuvent fournir cette tension, soit par fuite, soit par induction.

Mais cet arbitraire risque d'entraîner une distorsion, car en échappant au contrôle, cette force électromotrice risque de perturber le circuit de l'oscillographe. Pour éviter cette distorsion, la stabilisation doit être déterminée et la force électromotrice introduite par conduction ou induction, d'une manière connue, sans influence sur l'oscillographe. Sans vouloir examiner ici toutes les méthodes possibles de stabilisation il est évident que la distorsion sera moindre, quoique néanmoins appréciable, en appliquant la force électromotrice nécessaire en JD (fig. 4) plutôt qu'en PB. Les auteurs du dispositif ont mis au point un procédé qui donne une stabilisation définitive, sans distorsion et avec une énergie empruntée si faible, que la perturbation apportée au circuit en observation est négligeable.

Le circuit résonant peut ainsi être réglé et stabilisé pour montrer une seule alternance ou une demi-alternance; il peut encore être accordé sur une fréquence inférieure de façon à mettre en évidence plusieurs alternances ou demi-alternances. Pour l'observation de phénomènes à 60 per : sec, la fréquence d'oscillation peut être, par exemple, stabilisée à 30, 15, 10 ou 5 cycles, sans nuire aucunement à cette stabilité. Le même phénomène peut encore être représenté à des échelles différentes.

Ligne d'axe. — Les courbes relevées sont généralement superposées avec ou sans ligne d'axe de zéro. On obtient cette ligne d'axe en établissant simplement un court-circuit entre les bornes Y_0 et Y_1, Y_2, Y_3 ou Y_4 (fig. 1).

Déplacement des courbes. — Une courbe peut être déplacée (élevée ou abaissée) par rapport à d'autres, en intercalant une source de courant continu (batterie ou générateur) entre elle et leur point commun Y_0 à toutes.

Plusieurs courbes peuvent être ainsi déplacées suivant la tension et la polarité intercalées dans leurs circuits respectifs.

On obtient pareillement le déplacement de la ligne d'axe zéro en substituant une batterie de polarisation au court-circuit indiqué plus haut. Deux lignes de zéro distinctes peuvent ainsi apparaître sur l'écran.

Dans le cas où l'on utilise un réseau de résistances (fig. 4) fournissant le potentiel d'accélération du faisceau, on peut obtenir les déplacements de courbes sans batteries auxiliaires, en raccordant l'inconnue, non pas à Y_0, mais à D' ou D".

Applications. — L'oscilloscope offre un champ d'application qui s'étend au delà des débouchés possibles de l'oscillographe à miroir ou à rayon cathodique. La stabilité de son axe des temps linéaire, et les ressources très intéressantes de son commutateur polycyclique lui ouvrent des voies nouvelles.

En mettant hors circuit, son circuit résonant, il offre toutes les possibilités de l'oscillographe à rayon cathodique normal.

En outre, le circuit résonant peut être utilisé indépendamment comme source d'alimentation de fréquence réglable. Un ampèremètre dans son circuit peut en indiquer la fréquence propre; un haut-parleur alimenté à travers un amplificateur devient une source acoustique de caractéristiques connues.

Le fonctionnement de l'oscilloscope est simple. A l'essai, il est apparu que pour rester à l'abri d'erreurs imputables à des fuites ou des phénomènes d'induction, de nombreux détails d'apparence élémentaire demandent une réalisation très complexe, notamment si l'on ne recherche pas un appareil exclusivement de laboratoire, mais réalisant des conditions d'emploi pratique avantageuses, telles que : simplicité de manœuvre, assemblage de l'ensemble dans un coffret transportable, etc.

J. M.

L'oscillographe cathodique de M. Dufour a permis de faire des recherches extrêmement importantes en T. S. F., car il enregistre des phénomènes se passant dans un temps extrêmement court grâce à l'absence d'inertie de son système.

On pouvait voir du reste à l'Exposition de Physique de 1923 de magnifiques relevés de courbes d'oscillations électriques entretenues dans les lampes à trois électrodes notamment. Enfin pour l'étude des phénomènes transitoires très rapides, tels que court-circuits, cet appareil permet de suivre l'allure du courant et de prévoir des dispositifs protecteurs. N. D. L. R.

La reproduction des matières contenues dans L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE sans citation de ce journal est interdite.

Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus.

Digitized by Google

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 4 juillet 1927.

Sur le contact métal-sulfure cuivreux, par M. J. Cayrel.

J'ai étudié les variations de la résistance électrique du contact métal-Cu^2S sous l'influence d'un courant permanent d'intensité croissante ou décroissante pour les deux sens du courant. Le contact était formé d'un fil métallique de 0,50 mm de diamètre appuyant légèrement sur un échantillon cristallisé du sulfure cuivreux. Les métaux employés étaient : Pt, Au, Ag, Cu, Al.

Soient V la différence de potentiel appliquée au contact, R la résistance du contact dans le sens Cu^2S-métal, P sa résistance dans le sens métal-Cu^2S, I l'intensité du courant. Tant que V reste assez petit, I, R et P prennent immédiatement leurs valeurs de régime ; au contraire, pour de plus grandes valeurs de V, on observe des phénomènes de *traînage* : I, R et P ne prennent des valeurs fixes qu'au bout d'un temps pouvant atteindre plusieurs minutes.

I. *Le courant traverse le contact dans le sens* Cu^2S-*métal* :

a. Courants croissants (V varie de 0 à V_1). — La résistance R du contact commence par *croître*, passe par un *maximum* et subit une chute brusque [1] (*cohération*) au cours de laquelle V demeure *constant* quand I augmente (on retrouve la loi limite des cohéreurs [2] : $V = RI = \text{const.} = e$). Pour l'échantillon de Cu^2S utilisé la *force électromotrice critique* e était sensiblement égale à 0,1 v pour Ag, à 0,4 v pour Cu, à 0,6 v pour Al. Le *traînage* signalé plus haut s'observe *au début* de la cohération.

b. Courants décroissants (V varie de V_1 à 0). — La *cohération* du contact est complètement *irréversible* avec Au, Pt, *partiellement réversible* avec Al, Cu, *entièrement réversible* avec Ag.

Le *traînage* est *à peu près inexistant*. Par contre, avec Al et Cu, la résistance cohérée présente un léger effet d'*hystérésis*.

II. *Le courant traverse le contact dans le sens métal*-Cu^2S :

a. Courants croissants (V varie de 0 à V_1). — La résistance P du contact commence par *diminuer*, mais, pour une valeur suffisante de V, l'effet de diminution de résistance *est suivi* d'un effet d'*augmentation* de résistance avec le temps (*anticohération avec traînage*), qui cause une diminution de I. Le second effet devient rapidement prépondérant, et masque l'effet de diminution qui tend toujours à se produire d'abord [3] à chaque augmentation de V. Finalement, on observe une véritable *disjonction*, la résistance du contact pouvant atteindre plusieurs dizaines de mille ohms (ex. : $P_0 = 750$ ohms, $P_1 = 40\,000$ ohms). Avec Au et Pt, l'anticohération est gênée par la cohération que tend à produire tout courant traversant un contact : les grandes résistances obtenues sont instables.

b. Courants décroissants (V varie de V à 0). — L'anticohération est *irréversible*. Quand V décroît de V_1 à 0, la résistance du contact loin de diminuer *augmente encore davantage* (ex. : $P_0 = 750$ ohms, $P_1 = 40\,000$ ohms, $P'_0 = 1$ mégohm). Si V croît à nouveau de 0 à V_1, P varie de P'_0 à P_1 en repassant par les mêmes valeurs : il n'y a ni *traînage*, ni *hystérésis*.

III. *Comparaison des deux résistances* R *et* P. — Pour les faibles valeurs de V, R est plus grand que P et le courant passe plus facilement dans le sens métal-Cu^2S que dans le sens Cu^2S-métal, puis l'*inverse* se produit en raison, d'abord de la *cohération* de R, ensuite [4] de l'*anticohération* de P.

Les particularités que j'ai signalées [2] touchant la rectification des courants alternatifs par le contact métal-Cu^2S sont entièrement conformes aux résultats précédents qui éclairent le mécanisme de l'inversion du courant rectifié : la détection β des faibles courants correspond à $R > P$, l'inversion de la rectification à $R = P$, la détection α des courants intenses à $R < P$.

Conclusions. — Les applications électriques des contacts imparfaits les ont fait considérer sous le triple aspect des *cohéreurs*, de *détecteurs rectifiants* et de *générateurs d'oscillations* (effet Lossev). Les résultats précédents établissent un lien entre ces différents aspects et confirment les vues de M. Blanc sur la parenté des cohéreurs et des détecteurs. Ils montrent que :

1° L'*inversion* de la rectification chez le contact métal-Cu^2S est due à une *cohération unilatérale* du contact. Cette cohération diffère de celle des contacts métalliques étudiés par M. Blanc en ce que :

a. Elle n'est pas *progressive* mais apparaît brusquement pour une valeur *critique* de V ;

b. Elle n'est pas toujours *irréversible* ; le contact peut être partiellement ou complètement *autodécohérent* ;

c. Avec certains métaux la résistance cohérée présente de l'*hystérésis*.

2° Cette *cohération* n'est autre que la chute de résistance utilisée chez les contacts générateurs pour rendre $\frac{dV}{dI}$ négatif.

3° L'*anticohération* de la résistance P ne diffère des anticohérations observées par M. Blanc sur le contact aluminium-acier [5] que :

a. par son caractère *discontinu* ;

b. par sa grandeur *énorme*.

Théorie des sous-électrons, par M. T. Peczalski.

Sur la répartition du champ électrique dans l'espace sombre, par M. Morand.

Notes d'un caractère essentiellement mathématique.

Sur la réaction électrique des cellules végétales à la polarisation [1], par M. Daniel Auger.

J'ai déterminé quantitativement la réaction électrique produite dans les tissus végétaux par l'action des courants rectangulaires, réaction étudiée par Waller à l'aide de la bobine d'induction et appelée par lui *blaze current* et qui a fait récemment l'objet d'une Note de M. Louis Lapicque.

Rappelons que si l'on place sur une feuille vivante deux électrodes impolarisables, l'une sur une partie saine, l'autre sur une partie ayant subi un traumatisme quelconque, on observe une différence de potentiel, la partie lésée étant négative. Nous avons observé qu'il n'est nullement nécessaire de détruire la cellule et que le frôlement d'une barbe de plume, par exemple, détermine un phénomène entièrement réversible au bout de quelques secondes. Si l'on substitue au stimulus

---

[1] Si l'on monte en série avec le contact une résistance convenablement choisie, on obtient l'effet Lossev $\left(\frac{dV}{dI} \text{ négatif}\right)$.

[2] Cf. Blanc, *Thèse*, 1905, p. 85.

[3] Cf. Blanc, *Thèse*, 1905, p. 94.

[4] L'anticohération de P exige, en effet, des valeurs de V supérieures à celles qui produisent la cohération de R.

[5] *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 449.

[1] Séance du 27 juin 1927.

Digitized by Google

mécanique difficile à doser celui produit par une onde rectangulaire de courant, on obtient à stimulus égal une réponse identique, à condition de laisser la feuille se reposer suffisamment et de ne pas prolonger l'action d'un courant trop intense; la vitesse de réversibilité est la même que pour l'action mécanique.

Nous avons expérimenté sur des feuilles de *Cœdium*, *Caltha palustris*, *Aralia japonica*, *Eupatorium purpureum*, etc., que nous devons à l'amabilité de M. le professeur Guérin, ainsi que sur diverses racines. Le circuit excitant était formé par deux électrodes Ostwald au calomel remplies de liquide physiologique. Deux électrodes semblables recueillaient le courant produit par la réaction de la plante : on les disposait de façon que celui-ci se produise en sens inverse de celui de la polarisation résiduelle qui pourrait se produire. La tension du courant excitant variait par 1/10 de volt entre 0 et 20 v; la durée d'excitation variait entre 0,05 et 0,90 seconde; un électromètre de Lippmann permettait d'apprécier la réponse, très faible, mesurée par deux divisions de l'instrument.

On observe l'existence d'une tension minimum (rhéobase) nécessaire pour obtenir une réponse quelle que soit la durée de l'excitation ainsi que l'accroissement rapide de celui-ci pour les faibles durées (courbe asymptote à l'axe des tensions). La courbe des quantités d'électricité, d'allure presque rectiligne sur une grande partie de son parcours, présente pour les durées faibles une incurvation prononcée vers l'axe des temps.

Séance du 11 juillet 1927.

Sur l'effet Volta, par M. Emmanuel Dubois.

Dans une Note précédente (1) j'ai signalé des variations importantes de l'effet Volta : une électrode métallique, qui a été portée à haute température dans le vide, puis qu'on a laissée refroidir, est devenue électronégative par rapport à son état initial.

Dans le cas d'un chauffage à température moins élevée (à 500° par exemple), certains métaux se comportent différemment : l'argent, l'or, le cuivre et le platine deviennent alors légèrement électropositifs par rapport à leur état initial, et c'est seulement lorsqu'ils ont été portés à température plus élevée (à 1000° par exemple) qu'ils deviennent électronégatifs, les mesures étant effectuées chaque fois après refroidissement de l'électrode chauffée.

Le zinc, l'aluminium, le nickel et le fer ne montrent pas cette complication : ils deviennent de plus en plus électronégatifs à mesure que s'élève la température à laquelle ils ont été portés.

Le résultat final du chauffage est toujours le même : *un métal est devenu électronégatif par rapport à son état initial, s'il a été chauffé à température suffisamment élevée.*

Il est naturel d'attribuer ces variations de l'effet Volta à la disparition, sous l'action du chauffage, de certaines impuretés contenues dans les métaux : gaz occlus, sels métalliques, etc.

Nous recherchons donc systématiquement, parmi ces diverses impuretés, celles susceptibles de produire ces variations de l'effet Volta, variations si considérables, que l'on peut de nouveau mettre en doute *l'existence de l'effet Volta pour les métaux purs*. Un tel travail est fort long. Voici les premiers résultats auxquels nous sommes parvenus :

1° Si l'on chauffe un métal dans l'air, on constate, après refroidissement, qu'il est devenu électronégatif par rapport à son état initial, et ceci, quel que soit le métal chauffé; son oxydabilité plus ou moins grande ne semble pas intervenir;

(1) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1424.

2° Si l'on distille dans le vide un chlorure alcalin sur un métal, préalablement rendu électronégatif par chauffage dans le vide, le métal devient fortement électropositif.

Ainsi, on avait obtenu avec le couple cuivre-fer les résultats suivants :

	$\frac{Cu}{Fe}$ Volts.
Électrodes neuves	+0,20
Après chauffage de l'électrode de fer dans le vide.	—0,60
Après distillation de K Cl sur l'électrode de fer. .	+1,00
Quinze heures après	+0,88

Ici encore il se produisait une variation de l'effet Volta avec le temps : il variait d'abord très vite à partir de + 1,00 v; puis plus lentement et tendait vers + 0,88 v. L'électrode recouverte de KCl reste donc en permanence beaucoup plus électropositive que l'électrode neuve.

Les impuretés salines, qui se trouvent normalement à la surface d'un métal et probablement aussi dans la masse même du métal, peuvent donc prendre une part importante des variations observées après un chauffage de ce métal; elles peuvent modifier considérablement les résultats des mesures de l'effet Volta.

Étude magnétique du tétroxyde et du trioxyde de vanadium, mesure du moment atomique du vanadium tétra- et trivalent (1), par Nicolas Perrakis

Récemment (2), l'étude des composés.

$$V^2O^2Cl^4 + 5H^2O \quad \text{et} \quad VOSO^4 + 5\tfrac{1}{2}H^2O$$

m'a permis de fixer deux valeurs du moment de l'ion V^{IV}, l'une de 8 et l'autre de 9 magnétons.

Dans cette Note j'exposerai quelques résultats relatifs à l'étude magnétique de deux oxydes du vanadium, le tétroxyde et le trioxyde (3).

Une particularité commune à ces deux composés est celle-ci : les droites représentatives de $\frac{1}{\chi} = f(T)$ coupent l'axe des températures du côté négatif à des endroits très éloignés du zéro absolu, mettant ainsi en évidence des points de Curie négatifs de plusieurs centaines de degrés.

I. V^2O^4. — Lorsque l'on étudie la variation du coefficient d'aimantation du tétroxyde de vanadium en fonction de la température (l'intervalle de température exploré s'étend de — 79° à + 165° C.), celui-ci décroît de — 79° à + 52°, puis il croît rapidement et à partir de 60° il commence à décroître à nouveau.

La courbe AB de la figure ci-contre traduit la variation de $\frac{1}{\chi}$ en fonction de T. A la droite A, répondant à l'équation $\chi_A (T + 398{,}4) = 0{,}322$, correspond un moment de 7,98 magnétons; quant au moment correspondant à la droite B, représentée par l'équation $\chi_A (T + 1{,}108) = 0{,}992$, il est de 14,00 magnétons.

Or, tandis que le moment de 8 magnétons est un des moments caractéristiques de l'ion V (*loc. cit.*), il n'en est pas de même de celui de 14. Tout au contraire, ce dernier serait

(1) Séance du 27 juin 1927.

(2) Nicolas Perrakis, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1450.

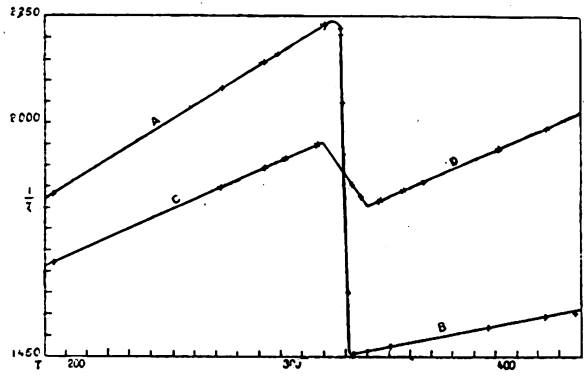
(3) L'état de ces deux oxydes, et surtout du trioxyde, doivent être fixés par un chauffage prolongé à des températures inférieures à leurs températures d'oxydation.

Digitized by Google

le moment dominant de l'ion V‴ d'après la Courbe de Cabrera (1).

On aurait pu attribuer ce changement de moment à une dissociation du tétroxyde en trioxyde. Je me suis assuré que la substance n'est pas altérée. Il reste donc à chercher comment une configuration électronique équivalente à celle caractérisant l'ion V‴ vient se substituer, à haute température, à celle de l'ion V^{IV}.

II. V^2O^5. — La courbe CD traduit les résultats de cette étude. Dans ce cas aussi le coefficient d'aimantation diminue d'une façon régulière de — 79° à + 47°, puis il croît assez rapidement pour décroître à nouveau, à partir de 67°. Mais ici l'augmentation brusque du coefficient d'aimantation ne donne pas lieu à un changement de moment, mais simplement à un déplacement du point de Curie. En effet, les droites C



et D, dont les équations respectives sont $\chi_A (T + 483,9) = 0,457$ et $\chi_A (T + 577,5) = 0,460$, conduisent aux valeurs 9,50 et 9,53 magnétons, soit pratiquement à la même valeur de 9,5 magnétons :

Cette valeur du moment atomique de l'ion V‴ est d'un demi-magnéton supérieure à celle que j'ai trouvée en étudiant le sulfate de vanadyle (*loc. cit.*).

III. En résumé, tandis que le vanadium à l'état de V^2O^4 possède dans deux intervalles de température bien déterminés deux moments différents, l'un de 8 et l'autre de 14 magnétons, à l'état de V^2O^5 il possède un moment de 9,5 magnétons très voisin du moment dominant de l'ion V^{IV} (9 magnétons).

Quelques observations faites sur le quartz piézo-électrique en résonance, par M. Edgar-Pierre Tawil.

J'ai présenté l'année dernière (2) une Note sur les variations des propriétés optiques qu'éprouve le quartz quand il vibre piézo-électriquement.

J'ai déjà dit que chaque fois que le circuit oscillant qui excitait le quartz passait sur des fréquences correspondant aux fréquences fondamentales ou aux harmoniques du cristal, on notait une apparition de lumière et de figures géométriques.

Je tiens à ajouter que ces figures, qui varient avec les différentes fréquences de résonance, permettent, une fois qu'elles ont été cataloguées, de définir par un simple coup d'œil sur la lame, la fréquence du circuit qui l'excite à ce moment. De plus la netteté des images, qui augmente à mesure que la fréquence du circuit oscillant s'approche d'une des fréquences du quartz, donne le moyen, lorsque cette netteté est maxima, de définir avec une extrême précision le moment où la résonance est atteinte.

Voici maintenant les nouveaux phénomènes que j'ai observés.

Un cristal de quartz taillé piézo-électriquement est disposé entre des armatures reliées à un circuit oscillant. J'ai pu constater que lorsque le cristal vibrait un souffle très puissant pour la fondamentale et les premiers harmoniques, se dégageait sur une ou plusieurs faces du cristal, celles-ci pouvant être parallèles ou normales à l'axe optique. L'étude a porté sur des cristaux taillés de diverses façons : lames minces ou épaisses, cubes, disques, cylindres, etc. Ce souffle, capable de repousser des corps légers (papiers, poudre de liège, etc.) et même d'éteindre la flamme d'un arc électrique, n'émane pas d'une façon régulière de toute la surface du quartz. On observe des points privilégiés, et ce souffle, mis en évidence à l'aide de moyens appropriés, ne se propage pas non plus nécessairement dans une direction normale à la surface du cristal. Il est difficile de se procurer du quartz parfaitement homogène, aussi la diversité des résultats obtenus avec des cristaux quelconques complique-t-elle l'étude des phénomènes. Néanmoins on peut affirmer que ce souffle résulte d'une pression de radiation due à l'ultra-son. Il m'a été facile d'en établir la preuve. A cet effet, j'ai disposé en regard d'une des faces du cristal émettant le souffle, un écran constitué par un corps quelconque, formant réflecteur. En projetant de la poudre de lycopode entre l'écran et le quartz il se forme sur la platine supportant l'ensemble des raies très nettes et très régulières. La distance entre deux raies consécutives est fonction de la fréquence à laquelle vibre le cristal et de la vitesse de propagation du son dans l'air. Cette expérience, quoique établie dans des conditions et un milieu différents, est à rapprocher de celle faite par M. Langevin avec l'appareil de sondage sous-marin.

En déplaçant l'écran, soit en faisant varier son incidence, soit en l'approchant ou en l'éloignant, les raies se déplacent aussi. En rapprochant suffisamment l'écran et en projetant une poudre légère certains grains n'atteignent pas la platine mais se tiennent en suspension dans des zones bien délimitées. Une perturbation étrangère déplace ces grains qui gagnent une zone voisine horizontale ou verticale. Je signale ici la possibilité de définir directement, et d'une façon très simple, la fréquence à laquelle vibre un cristal de quartz en mesurant la distance qui sépare deux raies ou nœuds de vibrations.

L'expérience m'a permis de constater qu'en approchant ou éloignant l'écran, on arrivait pour certaines positions se retrouvant à chaque demi-longueur d'onde dans l'air à amortir ou par contre à intensifier très fortement les vibrations du quartz par suite de la réflexion des ondes ultrasonores.

Cela était à prévoir, mais cette remarque ne manque pas d'intérêt, car elle permet de se mettre en garde contre l'influence perturbatrice que peuvent avoir des corps (armatures, supports, etc.) placés sans discernement au voisinage d'un quartz en vibration.

Si l'on saupoudre une face horizontale d'un quartz en vibration (que cette face soit normale ou parallèle à l'axe optique) d'une poudre légère, on voit celle-ci s'animer de mouvements les plus divers. Parfois elle est projetée violemment en l'air, parfois elle chemine sur la surface du cristal, d'une façon régulière, la poudre partant de certaines zones calmes (nœuds de vibrations) pour gagner sous la forme d'un courant des points déterminés. On obtient souvent des figures géométriques. Ces figures sont comparables à celles que j'ai

(1) En effet l'ordonnée de cette courbe — que Cabrera a tracée en portant en abscisses les nombres d'électrons de l'ion et en ordonnées les moments atomiques exprimés en magnétons — correspondant au nombre d'électrons de l'ion V‴ est égale à 14 magnétons. Ce moment, situé entre ceux des ions V^{IV} et Cr''', était prévu par le tracé de la courbe, mais il n'avait pas encore été déterminé expérimentalement.

(2) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1099.

Digitized by Google

déjà observées en lumière polarisée sur des harmoniques simples. Parfois aussi ces mouvements sont tourbillonnaires, circulaires ou elliptiques. Les frottements ou martelage de la poudre sur le cristal sont violents. Il arrive, si la poudre est métallique, que la surface du cristal soit métallisée. Cette métallisation par sa nature et son adhérence est comparable à celle produite par projection cathodique.

C'est un fait constant, qu'un cristal placé dans une position quelconque entre des armatures tend à se déplacer soit pour s'engager plus avant dans les armatures, soit au contraire pour en sortir. Un cylindre de quartz monté entre deux pointes, situées suivant l'axe du cylindre lequel est parallèle à l'axe optique et pouvant tourner librement entre deux armatures fixes, tourne sur lui-même quand on admet le courant et semble vouloir, tout comme précédemment la lame, occuper une position privilégiée. Il n'est pas certain qu'il faille toujours attribuer ce phénomène à la pression de radiation. En effet, qu'il s'agisse de la lame ou du cylindre, le déplacement n'est pas quelconque, la position privilégiée est, pour des conditions égales, toujours la même. Au moment où elle est atteinte un freinage très caractéristique se produit tout comme si le cristal butait contre un corps élastique. On pourrait y voir une corrélation entre le champ électrique appliqué et les axes piézo-électriques et d'autre part entre la fréquence du champ et les nœuds de vibrations mécaniques du cristal.

Il arrive parfois que le cylindre de quartz monté entre pointes se mette à tourner d'une façon continue. Dans ce cas, on doit admettre que c'est le souffle qui se dégageant obliquement vient frapper les armatures et provoque la rotation à la façon d'une turbine.

REVUE DE LA PRESSE

TRACTION ÉLECTRIQUE

Locomotive à accumulateurs, avec traction auxiliaire au moyen d'un moteur à gaz actionnant une dynamo génératrice. (*Elektrotechnik und Machinenbau.*) — M. W. D. Beare décrit dans les communications de la « General Electric C° », une locomotive à accumulateurs, que cette société a construite pour le service de la gare terminus du chemin de fer Nord-Ouest de Chicago.

Comme parcours d'essai, cette locomotive a remorqué un wagon de voyageurs, depuis l'atelier de la General Electric jusqu'au lieu de destination distant de 720 km.

Cette locomotive est munie de deux électro-moteurs actionnant les roues motrices par l'intermédiaire d'engrenages dont le rapport de transmission est de 16 à 66. La batterie est formée de 120 éléments et a une capacité de 616 kw-h qui peut être portée à 846 kw-h. quand on la charge en plusieurs fois avec périodes de repos. Elle peut alimenter les moteurs avec une puissance atteignant 1000 ch.

La batterie alimente normalement les moteurs, mais lorsque la puissance qu'elle fournit devient insuffisante, le supplément est fourni par une génératrice de 250 v, actionnée par un moteur à gaz pauvre de 200 ch, qui a 6 cylindres et tourne à une vitesse angulaire de 100 t : min. La batterie est chargée normalement par une source étrangère, mais au besoin, le groupe générateur peut le faire.

La commande se fait au moyen d'appareils pneumatiques, les moteurs peuvent être couplés en parallèle ou en série, avec réglage du champ inducteur.

La locomotive pèse 108 tonnes, dont 46 pour la partie mécanique et 56 pour la batterie; sa longueur totale est de 16 m. La vitesse maximum est de 48 km à l'heure et l'effort de traction de 7800 kg à une vitesse horaire de 15,8 km.)

Les tracteurs à accumulateurs pour le service des quais de Hambourg de l'Hamburg-America line. (*Electrotechnik und Maschinenbau* du 29 mai.) — Depuis 1922, la Société de l'Hamburg-America line a procédé à des essais, pour remplacer les chariots traînés par des hommes, par des chariots à accumulateurs ou remorqués par des tracteurs pour l'embarquement et le débarquement des marchandises sur les quais du port de Hambourg, qui lui appartiennent et ont une superficie de 115 000 m². Les résultats de ces essais ont été qu'aujourd'hui le service est uniquement assuré par des tracteurs à accumulateurs de la société générale d'électricité allemande. Ces tracteurs remorquent des chariots ayant des plates-formes de chargement d'une surface de 4 m² pesant 1,7 tonnes, sur lesquelles on peut charger des automobiles de 3 tonne, ce qui arrive fréquemment. La grande économie du système est l'accélération du chargement et du déchargement des navires; on peut procéder simultanément à ces manœuvres quand un bateau est arrivé, tandis qu'anciennement on ne pouvait le faire à cause du personnel nombreux dont il aurait fallu disposer à ce moment.

Les essais ont montré qu'il était bon d'utiliser pour les chariots remorqués des plates-formes de grandes dimensions, au commencement on les avait choisies petites, car on craignait la difficulté des manœuvres, mais peu à peu on en emploie de plus grandes, comme le montre le tableau suivant :

	PLATES-FORMES			
	LONGUEUR en millimètres.	LARGEUR en millimètres.	HAUTEUR en millimètres.	POIDS DU chargement kilogrammes.
Mars 1922. . . .	1600	600	300	1000
Septembre 1924.	2200	800	300	2500
Février 1925 . .	2500	1200	360	3000
Mars 1926. . . .	3300	1200	365	3000

Les manœuvres sont effectuées par des ouvriers ordinaires du port; les revisions, la charge des accumulateurs, les travaux de réparation sont faits par une équipe d'ouvriers spéciaux.

Les calculs de comptablité ont montré que l'ensemble des dépenses pour l'achat du matériel était amorti en 9 à 10 mois.

F. L.

T. S. F.

Les haut-parleurs à pavillon et les haut-parleurs à cône. — On sait combien il est difficile de faire, entre les haut-parleurs du type à pavillon et les haut-parleurs du type à cône, soit un choix raisonné reposant sur des considérations physiques rigoureuses, soit même un choix empirique basé sur l'audition elle-même.

Quand on est décidé à ne prendre que les considérations théoriques comme guide dans un tel choix, on donne évidemment la préférence à l'appareil à cône.

Mais, souvent, après avoir fait ce choix, on est amené à se demander s'il est bien judicieux et si on n'aurait pas mieux fait de donner la préférence à un haut-parleur à pavillon; de sorte qu'on arrive à douter de la valeur des considérations théoriques qui plaident en faveur du cône, et à chercher comment il est possible de les concilier avec l'expérience, apparemment contradictoire, qu'on a pu faire après l'emploi d'un appareil.

Dans l'*Electrical Review*, du 22 juillet, M. Paul Tyers tente d'expliquer cette contradiction et de résoudre le doute qu'avait laissé dans l'esprit l'expérience peu satisfaisante de tel ou tel haut-parleur à cône : car, une fois déterminées par

Digitized by Google

la théorie, les conditions qui conviennent le mieux à la reproduction fidèle des sons dans un haut-parleur, on est très loin de pouvoir les réaliser si on ne dispose que de moyens élémentaires et si on n'a pas une expérience suffisante de la construction des appareils de précision, et particulièrement des appareils de téléphonie.

L'appareil à cône est incontestablement supérieur en théorie, et sa supériorité se retrouve en pratique s'il a été apporté à sa réalisation les mêmes soins qu'à la construction des haut-parleurs à pavillon les plus soignés.

Dans le cas contraire, on constatera souvent que le haut-parleur à pavillon est plus agréable, et on peut aussi bien expliquer cette impression que justifier les considérations théoriques qui précèdent en examinant objectivement les faits, comme le fait l'article de M. Tyers.

Il suffit, en particulier, d'examiner la composition de l'appareil à pavillon pour se convaincre de son infériorité de principe. L'organe sensible aux vibrations reçues y est figuré par un petit diaphragme en forme de disque, dont le bord est encastré dans sa monture comme l'est le pourtour du diaphragme d'un récepteur téléphonique ordinaire. Dans l'un comme dans l'autre cas, des aimants permanents exercent une attraction constante sur le diaphragme, et à cette action se superpose, lorsqu'il y a réception d'un courant modulé, une action de ce courant sur le diaphragme qui lui imprime la vibration par laquelle il traduit la modulation, c'est-à-dire l'infinie variété des sons, la musique et l'articulation vocale.

On conçoit que, avec des moyens égaux ou très peu supérieurs à ceux de la téléphonie ordinaire, le récepteur qu'on vient de décrire ne soit pas susceptible de concilier la fidélité de reproduction avec la puisssance qu'on est en droit d'attendre d'un haut-parleur.

Faisant donc appel au pavillon, on adapte un tube adducteur de sons à son embouchure, et on met ainsi le diphragme en mesure d'exciter des vibrations, non plus seulement dans la petite masse d'air en contact avec lui, mais dans un volume d'air beaucoup plus considérable, *dont l'action s'expliquerait de même façon que s'explique celle de l'air mis en vibration dans les orgues.*

Sans cette amplification le petit diaphragme récepteur présente déjà le défaut grave de ne pas offrir une égale sensibilité pour les différentes fréquences du registre audible. Il a, en effet, sa note propre de vibration, et ses effets de résonance, déjà constatés lorsqu'il s'agit d'un simple récepteur téléphonique, se vérifieront encore *a fortiori* lorsqu'on lui aura adapté un pavillon.

A ce pavillon s'appliquent en effet les équations *de l'acoustique, en vertu desquelles se calculent les tuyaux qu'on trouve assemblés rationnellement dans un orgue du type ordinaire.* Au lieu de posséder un véritable jeu de tuyaux ayant chacun son affectation propre, le haut-parleur ne possède qu'un pavillon, résonant pour certaines fréquences et inégalement sensible aux nombreuses frequences apportées par la modulation.

Si on analyse attentivement l'action du pavillon, on constate qu'il élimine à peu près complètement les basses fréquences et les fréquences élevées, et que, dans l'intervalle de l'échelle des fréquences, il introduit certaines résonances qui lui sont propres, et que permettrait de calculer la connaissance exacte de ses dimensions.

Si on trace une courbe caractéristique de la sensibilité du pavillon, ayant pour abscisses les valeurs croissantes des fréquences et pour ordonnées les intensités avec lesquelles des sons purs correspondant à chacune de ces fréquences se trouvent reproduits dans l'appareil, on la trouve si irrégulière (comportant par exemple plusieurs pointes de résonance 100 fois plus élevées que les sensibilités aux fréquences immédiatement voisines) qu'on est surpris de ne pas souffrir davantage des auditions données par un si imparfait appareil.

Le haut-parleur sans pavillon ne procède pas, comme le précédent, à une amplification mécanique déformant, par son irrégularité, la loi de vibration déjà imparfaite d'un diaphragme exagérement petit : il comporte comme diaphragme un cône de dimensions importantes (par exemple 35, 40, 50 ou même 90 cm de diamètre). Il est raisonnablement léger, mis en vibration par les moyens les plus directs, et se déplace solidairement comme un piston, avec la masse d'air qui prend contact avec lui sur toute sa surface. L'armature motrice du cône, mue elle-même par les modulations du courant moteur, peut être, pas exemple, une simple palette reliée directement au sommet du cône ; si on élimine les vibrations de la palette, ainsi que les vibrations éventuelles pouvant développer des nœuds et des ventres dans les diverses parties du cône, on n'a plus à craindre avec ce haut-parleur les effets de résonance et les différentes sensibilités du système aux divers degrés de la fréquence.

Pour montrer comment il se fait que dans certains haut-parleurs à cône, ces effets reparaissent et font douter de la supériorité du type à cône, il suffit d'indiquer combien sont à craindre certains modes de suspension des bords du cône.

Par exemple, si on les sertit dans un cadre circulaire au lieu de les laisser libres, on met le cône dans l'impossibilité de vibrer solidairement comme piston : il se développe sur sa surface des nœuds et des ventres, et on retrouve la manifestation de certains effets de résonance que le libre mouvement des bords du cône avait permis d'éliminer.

On s'accorde aujourd'hui à reconnaître la forme la plus parfaite de réalisation du cône vibrant à bords libres dans le haut-parleur désigné en Angleterre et aux États-Unis sous le nom de « type R K » : c'est un appareil établi par la General Electric C° de Schenectady, d'après les brevets de Rice et Kellogg : il présente de notables caractéristiques, tant dans la construction du haut-parleur lui-même, et surtout de son cône vibrant, que dans celle du système amplificateur dont on l'a fait précéder, système qui en assure l'alimentation par un réseau électrique à courant alternatif, mais dont l'adjonction élève considérablement, on le conçoit, le prix du haut-parleur.

On peut considérer comme remplissant à peu près les conditions requises les appareils de la Western Electric C°, dits « bi-cônes », car le cône vibrant dont le sommet est relié au moteur a son bord accolé à celui d'un tronc de cône disposé symétriquement derrière lui, et dont la fonction est, tout d'abord, de porter l'appareil moteur, mais sans doute aussi de donner au premier cône la liberté de mouvement voulue sur ses bords.

Enfin le bord libre se retrouve dans un appareil dit « Aclea », développé sur le marché français et qui présente de curieuses caractéristiques (notamment la paradoxale propriété d'avoir pour organe vibrant un diapason, modifié de façon judicieuse pour ne pas offrir la propriété de résoner pour une note exclusivement comme le fait le diapason normal).

Il y aura lieu de revenir sur la question pour exposer non seulement comment fonctionne ce haut-parleur Aclea, mais encore comment le principe du bord libre a été exploité aux États-Unis, ailleurs que dans le haut-parleur R K, notamment dans les appareils Hopkins ou Davis dont il sera reparlé plus tard.

A. Z.

L'Editeur-Gérant : A. LAHURE.

95 119. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris. — 1927

Digitized by Google

36e Année. — N° 850 25 Novembre 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTEUR EN CHEF
ALFRED SOULIER
Le 2e vendredi de chaque mois de 15 h. à 16 h.

ABONNEMENTS
Paris et Départements : 30 francs par an.
Union postale : 40 francs par an.

ADMINISTRATION
9, rue de Fleurus, 9. — (Paris VIe)
TÉLÉPHONE
Ségur 04-23 et **Ségur 04-44.**

Adresser tout ce qui concerne la rédaction au Rédacteur en Chef, 9, rue de Fleurus.

Pour toute demande de numéros de L'Industrie Électrique *on est prié de joindre, à la demande, le montant de l'envoi, en timbres-poste ou en mandat postal.*

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — L'inauguration de l'Ecole Supérieure d'Electricité. — Interrupteurs à mercure à l'acide carbonique. — Un relais limiteur de charge d'accumulateurs. — Déséquilibre dans la production industrielle Russe. — Electrification de chemin de fer au Chili. — Electrification dans le Tyrol. — Moteurs triphasés compensés. — La vitesse de propagation des sons dans les liquides. — Une lampe de T. S. F. à sélection piézo-électrique. — La production de l'énergie électrique en 1926. — L'électrisation négative de la Terre et les coups de foudre. — L'industrie électrique en République Argentine. — Le chauffage électrique des voitures des tramways de Berlin. — Sur quelques propriétés des cellules photoélectriques au potassium cellulophone. 505

LES ASCENSEURS A TRANSFORMATEUR DE FRÉQUENCE DE L'IMMEUBLE DU GLOBE A PARIS. **A. Z.** 509

LA STATION DE RADIOTÉLÉPHONIE TRANSATLANTIQUE DE L'OFFICE BRITANNIQUE. **A. B.** 513

SUR LA DÉTERMINATION DES RÉACTANCES OU DES TRANSFORMATEURS PARCOURUS PAR DU COURANT CONTINU. **J. M.** 517

COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES. — Changement des propriétés optiques du quartz sous l'influence du champ électrique, par M. **Ny Tsi Ze.** — Influence du champ magnétique sur la polarisation de la radiation du résonance du cadmium, par M. **Paul Soleillet.** — Sur une variation du magnétisme terrestre, par M. **Jean-G. Popesco.** 520

REVUE DE LA PRESSE. — *Magnétisme* : Sur la perméabilité du fer aux hautes fréquences. — *Questions théoriques* : Sur la rectification de contact. — Sur les oscillations de Barkhausen. — Sur l'effet Volta. 522

CIRCULAIRE DU 30 AVRIL 1927 DÉTERMINANT LES CONDITIONS TECHNIQUES AUXQUELLES DOIVENT SATISFAIRE LES DISTRIBUTIONS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE. 524

INFORMATIONS

L'inauguration de l'École Supérieure d'Electricité. — Il y a deux ans à peine que le Président de la République posait à Malakoff, aux portes de Paris, la première pierre de la nouvelle École Supérieure d'Électricité, et jeudi 10 novembre 1927, il procédait à son inauguration, c'est dire que les organisateurs ont été vite en besogne, car les nouveaux locaux d'un caractère vraiment grandiose vont pouvoir dès maintenant recevoir de nombreuses promotions d'élèves.

Le chef de l'Etat a été reçu par MM. Herriot, ministre de l'instruction publique; Painlevé, ministre de la guerre, ainsi que par le bureau de la Société française des électriciens et le conseil de perfectionnement de l'école.

La cérémonie s'est déroulée dans le grand amphithéâtre de l'école, décoré pour la circonstance de faisceaux de drapeaux et de plantes vertes. Aux côtés de M. Gaston Doumergue avaient pris place le maréchal Foch, le comte Chlapowski, les représentants du corps diplomatique, le général Gouraud, M. Delsol, président du conseil municipal, le préfet de police, de nombreux membres de l'Académie des sciences, etc.

Des discours ont été prononcés par MM. Fabry, président de la Société française des électriciens, membre de l'Institut; Paul Janet, directeur de l'Ecole supérieure d'électricité; Rey, administrateur; Iglésis, président de l'Association amicale des anciens élèves et enfin par M. Herriot.

L'outillage de l'école n'est pas entièrement acheté, environ quatre millions seront nécessaires, et les orateurs ont fait appel à toutes les bonnes volontés en faveur de cet établissement qui répandra, par la meilleure des propagandes, les bienfaits de la science et de la technique françaises.

Aux applaudissements unanimes des assistants, M. Gaston Doumergue a ensuite remis à M. Paul Janet, directeur de l'école, la cravate de commandeur de la Légion d'honneur, puis M. Painlevé, ministre de la guerre, après avoir lu la citation conférant à l'Ecole supérieure d'électricité la Croix de guerre, a remis l'insigne de cette décoration au président de l'Amicale des anciens élèves, M. Iglésis.

Une visite rapide des laboratoires, salles des machines et ateliers a complété la cérémonie. A. S.

Digitized by Google

Interrupteurs à mercure à l'acide carbonique. (*The Electrical Review*, 19 août 1927.) — Les diélectriques gazeux utilisés dans les interrupteurs à mercure donnent généralement complète satisfaction. Dans certains cas cependant, il est impossible d'employer le gaz carbonique. Des expériences furent tentées récemment pour étudier les possibilités du fonctionnement de ces appareils avec de l'acide carbonique, dans leurs applications aux travaux de rayons X. L'acide carbonique étant un gaz inerte, peut être livré en bouteilles.

Il est donc tout indiqué pour remplacer l'oxyde de carbone. Étant donné que le rôle principal du diélectrique est d'étouffer la flamme, il est nécessaire d'étudier son action dans un interrupteur, par deux modes de fonctionnement : d'abord lorsque le primaire de la bobine d'induction est directement relié à la source électrique fournissant la différence de potentiel utile, dans le primaire, pour obtenir la tension voulue au secondaire; ensuite, lorsque le primaire est alimenté à travers un rhéostat régulateur.

L'étincelle à l'intérieur de l'interrupteur est considérablement plus forte dans le premier cas que dans le second où la différence de potentiel d'alimentation totale intervient à la rupture.

On montre que dans ces deux cas, en utilisant soit de l'hydrogène, soit de l'acide carbonique, l'efficacité de l'interrupteur est plus grande qu'avec l'oxyde de carbone. L'hydrogène fournit la plus grande rapidité de rupture, c'est-à-dire la plus grande force électromotrice induite au secondaire, avec la plus petite tension primaire. La différence entre le fonctionnement de l'interrupteur à gaz et à mercure avec de l'oxyde de carbone et du gaz carbonique, sous la tension totale de 230 v aux bornes de la rupture, est moins sensible que lorsque la tension en ce point est soigneusement réglée au minimum compatible avec la force électromotrice secondaire indiquée par la longueur de l'étincelle. L'expérience montre que l'acide carbonique serait plus économique, car, pour une même tension secondaire, il exige une consommation primaire inférieure.

Le gaz carbonique étant plus dense que l'air, peut facilement déplacer celui-ci dans l'interrupteur ; on peut d'ailleurs aisément constater que l'appareil est rempli de ce gaz qui est d'ailleurs lui-même inoffensif. Il est en outre, sans action sur les électrodes et peut servir très longtemps, car il conserve longtemps ses propriétés. J. M.

Un relais limiteur de charge d'accumulateurs. (*The Electrical Review*, 5 août 1927.) — La Compagnie suisse Oerlikon vient de mettre sur le marché un dispositif à relais dont le but est d'interrompre la charge d'un accumulateur, dès que celui-ci a atteint sa tension de fin de charge, tout en étant assuré qu'il a subi sa charge complète, et sans aucun risque de surcharge. Le principe de la méthode est basé sur le fait qu'après avoir atteint la tension de 2,4 v par élément, qui correspond au début de l'émanation gazeuse, une batterie d'accumulateurs déterminée demande toujours le même temps pour être chargée complètement.

Ce temps dépend des caractéristiques de la batterie considérée. Étant donné que la courbe de tension de charge monte très rapidement aux environs de la tension de 2,4 v, le point de fonctionnement des relais peut être réglé avec beaucoup de précision. Ces conditions ne sont plus du tout les mêmes quand le relais est réglé pour intervenir à la tension de fin de charge, car alors, la courbe de tension est très aplatie. Ce relais agit sur un relais différé dont l'action retardée peut être réglée entre 1/2 heure et 2,5 heures, suivant les conditions. J. M.

Déséquilibre dans la production industrielle Russe (*The Electrical Review*, 2 septembre 1927.) — D'après les déclarations d'un représentant du Trust électrique d'état russe, l'industrie des lampes dans le pays atteindrait la surproduction, tandis que celle des machines serait insuffisante pour couvrir toutes les demandes. La situation générale semble cependant s'améliorer cette année. 20 générateurs de 4000 à 8000 kw ont été construits et fonctionnent avec satisfaction aux stations centrales de Volkhoff, Zemo-Archalsky. Il est à noter que des machines de cette puissance n'avaient pas encore été fabriquées en Russie avant la guerre. Un membre de la Commission générale pour l'électricité signale que, comparés aux prix moyens mondiaux, les produits russes sont environ 2,6 fois plus élevés, eu égard aux prix très variables de la matière, aux faibles rendements des capitaux engagés, etc... J. M.

Electrification de chemin de fer au Chili. (*The Electrical Review*, 2 septembre 1927.) — La Direction des chemins de fer Chiliens considère que les travaux les plus urgents à effectuer sur les lignes de l'Etat sont ceux de l'électrification de la ligne du Chemin de fer Central, reliant Santiago à Puerto-Montt, soit une distance de 1080 km, et de celle reliant Puerto-San Antonio d'environ 120 km de longueur. Par ordre d'urgence vient ensuite la réalisation du projet de ligne à longue distance devant relier Santiago à Valparaiso, par Casablanca, par un chemin plus court que la ligne actuelle via Llia Llia-Junction.

Le Ministère des Travaux publics procède également à l'étude de l'électrification de chemins de fer de seconde zone, notamment le tronçon Santiago-Talca, et la ligne de San Antonio. Il examinera prochainement le projet de construction d'une ligne Transandine, dans le Nord, destinée à relier Antofagasta, avec les réseaux ferrés de la République Argentine, à Salta. J. M.

Electrification dans le Tyrol. (*The Electrical Review*, 2 septembre 1927.) — Les travaux d'électrification du tronçon de chemin de fer compris entre Rosenheim et Kufstein, étant terminés, des convois électriques circulent actuellement entre Regensburg, Munich, Kufstein et Innsbruck.

On rapporte, d'autre part, que la municipalité de Prague serait en pourparlers avec un syndicat américain en vue de l'établissement d'un chemin de fer souterrain. La dépense envisagée est de l'ordre de 6 000 000 livres anglaises. J. M.

Moteurs triphasés compensés. (*The Electrical Review*, 2 septembre 1927.) — Les moteurs triphasés, du type normal à induction, ne comportant aucun dispositif accessoire pour accroître leur glissement, présentent des caractéristiques shunt très prononcées, et sont de ce fait, impropres à certaines applications. Telles qu'il s'en rencontre, par exemple, pour la commande des laminoirs.

Pour pouvoir utiliser l'énergie cinétique de ces machines, à la compensation des variations extrêmes de charge qui s'y produisent, et éviter ainsi de trop grandes variations d'intensité absorbée, les caractéristiques du moteur d'entraînement doivent être telles que sa vitesse diminue, lorsque sa charge augmente. Pour répondre à ce but, il est possible d'utiliser un moteur triphasé, compensé, constitué par un moteur d'induction accouplé directement ou par l'intermédiaire d'engrenages, à un petit convertisseur de fréquence. Ce convertisseur muni d'un enroulement compensateur, fournit la force contre-électromotrice nécessaire à la compensation d'une tension de glissement excessive, dès que celui-ci devient important sous la charge. Le moteur peut alors travailler avec un déphasage en avant.

Le convertisseur de fréquence est établi sur les grandes lignes d'un moteur d'induction, avec cette différence que son armature est semblable à celle d'une commutatrice avec collecteur et bagues. Un jeu de balais triphasé est monté du côté du collecteur, en série avec l'enroulement compensateur du stator. Cet enroulement a pour but de neutraliser les ampères-tours de l'armature, dues à l'intensité du courant

Digitized by Google

dans le rotor du moteur d'induction. Grâce à sa présence, il suffit d'appliquer une très faible énergie magnétisante aux bagues du changeur de fréquence pour en obtenir la force contre-électromotrice cherchée. J. M.

La vitesse de propagation des sons dans les liquides. (*The Electrical Review*, 2 septembre 1927.) — Le scintillement d'un tube au néon est un des moyens par lesquels les physiciens ont pu mesurer la vitesse de propagation des ondes acoustiques dans les liquides. Ainsi procédèrent MM. J. C. Hubbard et A. L. Loomis dans leur laboratoire privé de New-York.

Un nouvel appareil appelé « Interferomètre acoustique », et produisant des oscillations semblables aux ondes sonores, mais de fréquences beaucoup trop élevées pour être détectées par l'oreille, a été mis au point dans le même but. Un disque, découpé d'un cristal de quartz, du même genre que ceux utilisés par la stabilisation des fréquences dans les centres modernes d'émissions radioélectriques, mais de plus grandes dimensions, constitue la source des oscillations. Ce disque est placé entre deux plaques métalliques reliées à un tube à vide, de la même façon qu'en télégraphie sans fil. Ce tube fournit les fréquences élevées. Tandis qu'au début des expériences, on lui appliquait une puissance de 2 kw, l'interféromètre n'absorbait que 50 w. Le cristal de quartz vibre à des fréquences comprises entre 200 000 et 400 000 per : sec, qui donnent lieu, dans un milieu liquide, à des ondes variant de 0,51 à 0,79 m. Or, l'oreille humaine ne peut saisir des sons de fréquence supérieure à 20 000 per : sec.

Un récipient contenant ce liquide à essayer est placé au-dessus du cristal de quartz de telle façon que les oscillations le traversent.

Une plaque de métal est immergée dans ce liquide, parallèlement au cristal, et peut se déplacer verticalement de très petites quantités. Pour certaines positions du disque, les ondes émises par le quartz s'y réfléchissent et redescendent verticalement; elles se trouvent alors en phase avec celles qui s'acheminent de bas en haut, encore non réfléchies. Pour ces positions particulières du disque, la lampe au néon s'excite.

Le relevé de ces positions permet de déterminer la longueur d'onde de l'émission avec une très grande précision. Connaissant par ailleurs la fréquence d'oscillation du quartz, on en déduit la vitesse de propagation cherchée avec une très grande approximation.

En conclusion de leurs expériences, MM. Hubbard et Loomis ont trouvé une vitesse de propagation de 1445 m : sec, dans l'eau pure, à la température de 60° F. Si l'eau contient 0,5 pour 100 de sel, la vitesse arrive à 1515 m : sec. L'élévation de température de l'eau pure, jusqu'à 77° F, conduit au même résultat que le précédent.

Au cours d'expériences antérieures, la vitesse du son dans l'air avait été trouvée égale à 333 m per : sec. J. M.

Une lampe de T. S. F. à sélection piézo-électrique. (*The Electrical Review*, 2 septembre 1927.) — On se souvient du récent perfectionnement apporté par M. Lœwe aux amplificateurs radiotélégraphiques, et qui consiste à réaliser, sous une ampoule unique, les éléments de trois lampes, avec leurs organes de couplages, suivant la méthode par résistance et capacité. Cet ensemble réduit a donné des résultats extrêmement intéressants. On trouve aujourd'hui de ces tubes à vide dans le commerce. Placées à l'intérieur de l'ampoule, les résistances et capacités sont protégées contre toute cause de variation. Leurs connexions très courtes permettent leur emploi à l'amplification des fréquences très élevées.

En outre, l'ensemble fonctionne avec un excellent rendement sous la tension normale de plaque de 80 v, alors que pour ce type de montage utilisé en basse fréquence, dans un montage normal, à lampes séparées, cette tension doit être doublée.

Poursuivant ses recherches dans le même ordre d'idée, M. Lœwe vient d'établir une nouvelle lampe, à plusieurs éléments également, et qui renferme un cristal piézo-électrique, ne lui permettant d'osciller que sur une fréquence unique bien déterminée, à l'exclusion de toutes autres.

Il y aurait là, semble-t-il, un grand pas accompli vers l'accroissement de syntonie toujours plus nécessaire, dans les récepteurs actuels et des applications immédiates aux amplificateurs dits de moyenne fréquence, dans les systèmes à changement de fréquence, en même temps que des débouchés extrêmement importants vers tous les problèmes de verrouillage électrique en matière de télémécanique.

J. M.

La production de l'énergie électrique en 1926. — D'après les statistiques les plus récentes, les centrales hydroélectriques et thermoélectriques fonctionnant dans le monde entier, représentaient à la fin de l'année passée une puissance totale d'environ 32 millions de ch, 16 millions de ch se trouvaient répartis en Amérique du Nord, l'Europe la suivait de près avec 12 900 000 ch, puis venaient successivement : l'Asie avec 2 000 000 ch, l'Amérique du Sud avec 675 000 ch, l'Autriche qui possédait 220 000 ch et l'Afrique 14 000 ch seulement.

La plus grande partie de cette puissance, environ 92 pour 100, est d'origine hydraulique. Les ressources hydrauliques du monde entier sont estimées à une puissance de 450 millions de ch, chiffre établi avec une approximation très grossière.

Les centrales hydroélectriques des principaux pays d'Europe ont les puissances suivantes en chevaux :

France	2.225.000 ch.
Italie	2.000.000 —
Norvège	1.800.000 —
Espagne	1.216.000 —
Suisse	1.000.000 —
Allemagne	1.000.000 —
Angleterre	250.000 —

Actuellement, d'importantes installations sont en construction en Russie, en Tchécoslovaquie et en Finlande.

Hors d'Europe, les principaux pays producteurs d'énergie hydroélectriques sont les suivants.

États-Unis	11.720.000 ch.
Canada	3.500.000 —
Japon	1.000.000 —
Brésil	450.000 —
Mexique	225.000 —
Inde	197.000 —
Nouvelle-Zélande	45.000 —

Ces chiffres nous montrent que la France tient un rang élevé dans le monde, le 5e après les Etats-Unis et le Canada. Remarquons que pourtant les chemins de fer, gros producteurs d'énergie dans certains pays, ne sont représentés en France que par une faible puissance. A. S.

L'électrisation négative de la Terre et les coups de foudre. (*Physikalische Zeitschrift*, 15 janvier 1927.) — Au voisinage de la terre, le champ électrique, est, par temps serein, d'environ 100 v par mètre et il est dirigé vers le bas. On en déduit qu'il existe sur la surface totale de la Terre une charge d'environ 5.10^5 coulombs et que cette charge est négative. L'origine de cette charge négative n'a pas jusqu'ici été expliquée d'une façon satisfaisante. Son entretien semble d'autant plus difficile à comprendre que les nombreuses mesures faites sur le courant de conduction (ou de convection) vertical au voisinage du sol ont montré que ce courant est dirigé en général de haut en bas : c'est-à-dire qu'il transporte de l'atmosphère vers le sol, de l'électricité positive. Cette charge positive devrait diminuer et finalement détruire la charge négative de la Terre.

Digitized by Google

M. Wigand propose d'attribuer l'apport permanent d'électricité négative au sol, à ce qu'il appelle le courant d'éclairs, c'est-à-dire à l'ensemble des coups de foudre qui éclatent sur toute la surface du globe entre les nuages et le sol. C'est, en effet, un point qui paraît assez solidement établi que les éclairs ont un sens privilégié, le courant qu'ils transportent étant dirigé de préférence de bas en haut. Le sens de ce courant a été déterminé bien des fois, particulièrement par Brunhes, soit en étudiant l'aimantation des roches au voisinage du point de chute de la foudre, soit en relevant les sauts brusques du champ terrestre qui accompagnent celle-ci. On trouve, comme ordre de grandeur, que la charge apportée au sol par la foudre est négative dans 70 pour 100 des cas.

Ceci posé, pour savoir si le courant d'éclair est capable d'entretenir la charge négative du sol, il suffit de voir s'il est en état de compenser l'apport d'électricité positive dû au courant de conduction normal, et qui s'élève, pour la surface totale de la Terre, à 1400 ampères environ. Il ne semble pas qu'on soit très éloigné de la vérité en attribuant à la charge transportée en moyenne par un seul éclair une valeur de 50 coulombs. D'autre part, la statistique des orages à la surface entière du globe et la numération des coups de foudre pour chaque orage amènent à penser que, sur la Terre entière, il tombe environ 100 éclairs par seconde. On déduit de là une valeur du courant d'éclairs qui, selon les données qu'on emploie, est de l'ordre de 1200 ou de 1950 ampères, c'est-à-dire tout à fait comparable au courant de conduction normal. L'hypothèse de Wigand est donc en gros compatible avec les faits expérimentaux. Mais, pour être admise définitivement, de nouvelles recherches sont nécessaires. A. B

L'industrie électrique en République Argentine. (*The Electrical Review*, 5 août 1927.) — L'énergie totale, fournie en 1926, par la Compania Ilispano-Americana de Electricidad, atteignit 450 735 961 kw-h contre 421 303 808 kw-h, en 1925.

Les stations centrales de cette Compagnie comptent, actuellement, une puissance installée de 227 620 kw, y compris deux nouveaux groupes turbo-électriques de 25 000 ch installés en 1926 à la station du Central Dock Sud, s'ajoutant aux deux groupes de même puissance mis en service en juin et avril de la même année. Les lignes du réseau de distribution ont été portées de 7000 à 7500 km.

En attendant la mise en service de la nouvelle super-station de Buenos-Aires qui n'est pas escomptée avant 1929, la centrale de Dock Sud va recevoir deux groupes supplémentaires de 42 500 ch dont l'installation sera terminée en 1928, et qui seront, éventuellement transférés plus tard à la super-station de Buenos-Aires. J. M.

Le chauffage électrique des voitures des tramways de Berlin. (*Elektrotechnik und Maschinenbau* du 10 avril.) — M. E. Kindler, Ingénieur en chef des tramways de Berlin, donne des indications sur les nouvelles mesures prises pour le chauffage des voitures; les voitures motrices sont chauffées par le courant de freinage, les remorques au moyen du courant de lumière.

Une certaine partie des résistances nécessaires à la mise en parallèle des moteurs, est en double. Au moyen d'un commutateur, pendant l'été, on met en service les résistances disposées sur les toits des voitures motrices et, en hiver, celles disposées sous les sièges, qui servent alors au chauffage. Le commutateur est manœuvré par le personnel technique de la gare centrale et est inaccessible au personnel des transports. Les résistances de chauffage sont constituées par des spirales de rhéotan suspendues entre des bornes de laiton dur et soutenues, en leurs milieux, par des bagues de porcelaine, on a déterminé par expérience le nombre de cadres de résistances à installer sous les sièges pour obtenir une surélévation de température de 10°.

Le courant de chauffage des remorques est emprunté au circuit de lumière dont l'interrupteur principal est placé dans la voiture motrice. Dans la remorque sont disposés les interrupteurs secondaires, tant pour le courant de lumière que pour le courant de chauffage. Il y a deux résistances de chauffage, chacune de 750 w à 500 v. Il y a actuellement 750 voitures, tant motrices que remorquées, munies de ce système de chauffage, qui sera installé dans un délai de deux ans, sur les 5500 voitures du réseau. F. L.

Sur quelques propriétés des cellules photoélectriques au potassium cellulophone. (*Bulletin de la Société française de physique*, 17 juin 1927.) — La principale difficulté que l'on rencontre dans l'emploi des cellules photoélectriques provient de la très faible valeur du courant obtenu. Les cellules ordinaires au potassium sont traitées dans l'hydrogène et remplies ensuite d'argon à basse pression, afin d'augmenter la valeur du courant produit. Dans ces conditions, pour un éclat lumineux donné, le courant photoélectrique augmente au fur et à mesure que la tension appliquée entre les électrodes est plus élevée, jusqu'au moment où la cellule s'illumine, laissant passer, par effluves, un courant relativement intense. La valeur du potentiel disruptif varie suivant l'intensité de la lumière.

M. Toulon examine les propriétés de la cellule pour les éclats lumineux très intenses, et au delà du potentiel disruptif.

Il signale diverses applications des cellules utilisées dans ces conditions et capables de fournir une énergie appréciable.

Passant ensuite en revue les divers types d'amplification du courant photoélectrique produit, il remarque l'intérêt que présente l'amplificateur à basse fréquence à transformateur, associé à une cellule photoélectrique éclairée périodiquement. L'éclairage périodique peut être obtenu par un disque perforé. Sur le même disque on peut disposer plusieurs cercles concentriques, ayant des nombres variables de perforations.

Par un choix convenable du nombre des perforations on peut facilement obtenir des fréquences qui correspondent aux différentes notes de la gamme. On réalise ainsi très facilement un appareil de musique en faisant tomber le faisceau lumineux interrompu sur la cellule. Le courant après amplification est lancé dans un haut-parleur. L'auteur expose un cellulophone basé sur ce principe.

Un appareil de projection forme derrière les touches d'un clavier une image agrandie du disque tournant. Chaque touche du clavier reçoit un faisceau lumineux intercepté périodiquement à la fréquence déterminée. Un miroir, démasqué lorsqu'on appuie sur la touche, permet d'envoyer sur la cellule les oscillations lumineuses qui sont ensuite transformées en ondes sonores. Chacun des cercles du disque tournant comporte un nombre variable de fentes très fines obtenues par réduction sur une plaque photographique. L'interposition d'une cache de forme ou d'opacité variable sur la trajectoire des rayons permet de modifier à volonté la tonalité de son produit.

Le disque tournant peut également comporter des enregistrements de voyelles ou consonnes obtenus à l'oscillographe à partir d'un microphone.

On pourrait imiter la voix en appuyant sur les touches.

Une réduction à très petite échelle de l'image du disque, tombant sur une feuille de papier où sont inscrits des caractères d'imprimerie, permet d'obtenir des accords musicaux qui varient au fur à mesure du déplacement de la surface du papier et permettent de reconnaître la nature des caractères. A. B.

Digitized by Google

LES ASCENSEURS
A
TRANSFORMATEUR DE FRÉQUENCE
DE L'IMMEUBLE DU GLOBE A PARIS

Les électriciens ont à leur actif d'innombrables travaux ayant pour objet des procédés ingénieux de régulation applicables à la force motrice électrique, en courant continu aussi bien qu'en courant alternatif : soit destinés à fournir la gamme de vitesses appropriée à certaines machines, soit limités à 2 ou 3 vitesses de régime, soit plus particulièrement utilisés pour obtenir les lois d'accélération et de ralentissement ou d'arrêt qu'on désire.

Certains procédés que notre époque a hérités de la génération antérieure auront bientôt une mauvaise presse, malgré qu'ils soient demeurés classiques et ils arriveront plus ou moins vite au déclin, pour faire place à des *procédés plus modernes, parce qué mieux adaptés à nos besoins et à nos moyens* (car nous irons jusqu'à nous aviser, n'en doutez pas, que ces moyens sont limités et qu'on n'a plus le droit de gaspiller inconsidérément l'énergie, d'abord à chauffer les lourdes batteries de rhéostats de démarrage, ensuite à dissiper dans les frottements du freinage tout ce qu'on a converti d'énergie électrique en force vive).

Les apôtres de la récupération, qui rongent impatiemment leur frein tout en spéculant sur cette énergie de freinage, ont pris pour devise celle d'un parfum fameux « un jour viendra » ; et ils comptent bien en effet que leur programme ambitieux recevra en France un commencement d'exécution avant que ne soient morts les brevets qu'ils ont pris pour couvrir les moyens qu'ils destinent à cette réalisation.

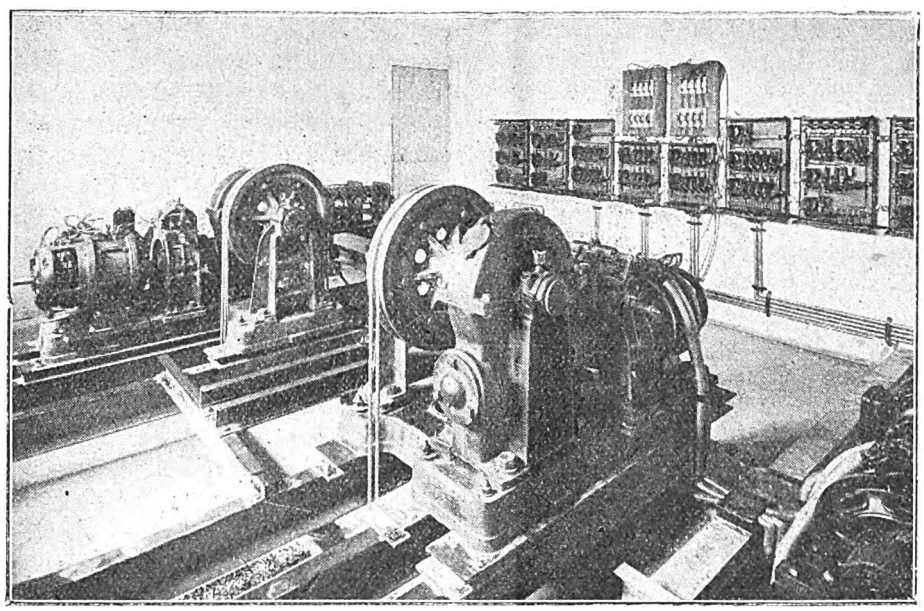


Fig. 1.
Vue d'ensemble des machines des ascenseurs à transformateur de fréquence.

D'ici là, il sera toujours d'actualité de traiter de ces questions, et chaque application réalisée au bénéfice de la force motrice électrique méritera d'être accueillie et saluée comme un acheminement vers ce qu'on pourrait appeler, suivant la mode, la *rationalisation intégrale de la force motrice électrique* sous tous ses aspects.

C'est à ce titre que nous exposerons dans cet article, d'après la description qu'en a donnée M. E. Bouchinot dans le *Génie Civil* du 3 septembre, les caractéristiques d'une installation d'ascenseurs grande vitesse réalisée à Paris, dans un immeuble du boulevard de Strasbourg desservi par du courant diphasé à la fréquence de 42 per : sec (fréquence qui sera d'ailleurs portée d'ici peu à 50 per : sec) (1).

En augmentant la vitesse des ascenseurs, on développe évidemment dans de grandes proportions les effets d'inertie, et on complique parallèlement les problèmes que soulèvent les réglages de vitesse, l'application de services d'ascenseurs omnibus et directs, l'arrêt précis au droit des étages (et non à distance de quelques décimètres au-dessus ou au-dessous comme cela se voit encore trop souvent dans certains immeubles, lorsque par chance l'ascenseur n'est pas plutôt immobilisé, dans sa cage, derrière l'écriteau classique « arrêté momentanément pour réparation ».

Non seulement les électriciens trouveront, dans la

(1) Les figures qui illustrent cet article ont été obligeamment prêtées par notre excellent confrère *Le Génie Civil*.

Digitized by Google

réalisation du boulevard de Strasbourg, matière à raticiner sur une des solutions les plus simplement élégantes que fournit l'électrotechnique, mais ils apprécieront, dans l'article de M. Bouchinot, un très sobre exposé des solutions concurrentes, ou au moins de celles qu'on rencontre le plus souvent dans les applications réalisées, à Paris, aussi bien sur les secteurs à courant alternatif que sur les rares îlots constituant les vestiges du réseau parisien à courant continu.

Si on voulait être complet, il conviendrait évidemment de mentionner la solution particulière proposée par Otis au problème spécial de l'arrêt précis à l'étage, et la solution générale des réglages de vitesse tirée de l'application du moteur à courant alternatif qui par le *moteur Schrage*, réalise si bien la caractéristique shunt désirée et la gamme de vitesses de 1 à 3 qui convient à peu près au service des ascenseurs : Mais voilà ! On ne s'introduit pas seulement dans les immeubles à ascenseurs en suivant la suggestion de la pancarte fameuse qui dit de « parler à la concierge » : il faut que le gérant, que le propriétaire, que l'architecte, se montrent favorables à l'expérience qu'on doit tenter pour mettre à l'épreuve les qualités d'un système nouveau (ou non encore éprouvé). Forts du succès de leur première épreuve, les techniciens qui ont installé les ascenseurs du boulevard de Strasbourg estiment qu'ils sont aujourd'hui à même de démontrer que, avec du matériel à courant alternatif normal, l'application de principes élémentaires d'électrotechnique suffit à la réalisation des régimes désirés à 2 ou 3 vitesses, non pas sans qu'on ait à multiplier les machines tournantes et l'appareillage, mais sans qu'il en résulte une multiplication de même ordre que l'inertie : ce qui n'était pas le cas lorsqu'on utilisait en alternatif *soit des moteurs accouplés électriquement en cascade, soit des moteurs accouplés mécaniquement par un arbre commun* (suivant deux solutions connues que nous ne développerons pas mais qu'il convient de rappeler avant d'aborder la description du système Baudet, Donon et Roussel qu'a donnée M. Bouchinot). On doit « d'ailleurs, d'après lui, considérer ces deux méthodes plutôt comme des pis-aller, car elles présentent de tels inconvénients que certains constructeurs préfèrent encore, dans le cas où plusieurs ascenseurs sont réunis en batterie, transformer le courant alternatif en continu pour les alimenter ».

Il est vrai qu'on peut aussi faire appel à un moteur unique apte à fournir les mêmes vitesses que deux moteurs combinés, parce qu'on a pris soin de lui donner, par construction spéciale, la faculté d'avoir à volonté 2 nombres de pôles différents. Nous reviendrons un jour sur la question en même temps que sur celle du moteur Schrage.

I. — Commande a 2 ou 3 vitesses utilisant un changeur de fréquence et un moteur ordinaire.

Frappés des inconvénients des différentes méthodes préconisées jusqu'ici, MM. Baudet, Donon et Roussel ont cherché à réaliser le programme suivant : créer pour les ascenseurs des treuils qui, tout en employant les moteurs à courant alternatif de fabrication courante, réunissent pour ces moteurs les avantages de la méthode potentiométrique et de la variation du champ, qui sont, ainsi qu'on le sait, parfois utilisés pour le courant continu.

MM. Baudet, Donon et Roussel *ont posé en principe que le treuil normal, associé avec son moteur alternatif ordinaire, devait être employé sans modification.* Cette condition permettait la fabrication en série, nécessaire pour une réalisation industrielle.

Ce principe donnait également la faculté de munir un appareil existant du dispositif à plusieurs vitesses, par la simple adjonction d'un groupe auxiliaire et de l'appareillage électrique approprié.

Pour résoudre le problème dans son ensemble, les constructeurs voulurent, par la même méthode, obtenir trois vitesses : l'une, très lente, vitesse de ralentissement VR ; la seconde, normale, pour laquelle est construit le moteur, VN ; la dernière accélérée, VA, qui peut, dans certains cas, être presque le double de la précédente.

Ces divers résultats ont été obtenus par un procédé d'une extrême simplicité.

II. — Théorie du système B. D. R.

Soient (fig. 2) A le stator d'un moteur ordinaire asynchrone polyphasé, B son rotor et C un moteur entraînant mécaniquement le premier appareil. Supposons A relié par a à une source de courant polyphasé.

Obligeons le rotor B, par l'action du moteur auxiliaire C, à tourner à une vitesse ω', différente de ω donnée par la source d'alimentation, mais dans le même sens que le champ du stator A. Nous savons que l'on va recueillir en b un courant polyphasé, de fréquence $\omega - \omega'$.

Si e est la force électromotrice alternative maximum entre les bagues B du moteur quand ce dernier est immobile, la force électromotrice recueillie en b tend vers 0 quand ω' tend vers ω. Cette force électromotrice e' est, en effet, donnée par la formule :

$$e' = \frac{e(\omega - \omega')}{\omega}.$$

Si nous supposons maintenant que le rotor tourne dans le sens opposé au champ, la fréquence aux bagues sera $\omega + \omega'$ et la tension obtenue :

$$e'' = \frac{e(\omega + \omega')}{\omega}.$$

Connectons maintenant b aux bagues d'un moteur semblable au moteur A, et mettons progressivement en court-circuit le stator de ce second appareil. Nous aurons dans le premier cas, pour ce dernier moteur, une vitesse de rotation $\omega - \omega'$ aussi réduite que l'on voudra, puisque l'on peut donner au rotor B une vitesse aussi voisine du synchronisme que l'on désire. Dans le second cas, nous

Digitized by Google

aurons une vitesse $\omega + \omega'$ qui tendra vers le double de ω, si ω' tend elle-même vers ω.

Le rapport des vitesses extrêmes est aussi grand qu'on le désire, étant égal à $\frac{\omega + \omega'}{\omega - \omega'}$.

La première vitesse $\omega - \omega'$, très réduite, correspond à la vitesse potentiométrique du courant continu. La vitesse accélérée, qui tend vers le double de la vitesse normale, correspond à la vitesse résultant de la variation du champ inducteur du courant continu. Les deux vitesses extrêmes VA et VR sont obtenues toutes deux de la même manière, par utilisation d'une fréquence auxiliaire. Pour passer de l'une à l'autre, il suffit de croiser entre elles deux des connexions de *a* sur le stator A.

Il y a également lieu, aux changements de vitesse, d'employer des résistances appropriées, connectées aux bornes du stator du moteur principal, et qui sont mises progressivement en court-circuit pour adoucir les secousses. Quant à la vitesse normale, elle s'obtient par la méthode ordinaire, c'est-à-dire par la mise du circuit de ligne sur le stator du moteur, et la mise en court-circuit progressive des résistances branchées sur le rotor.

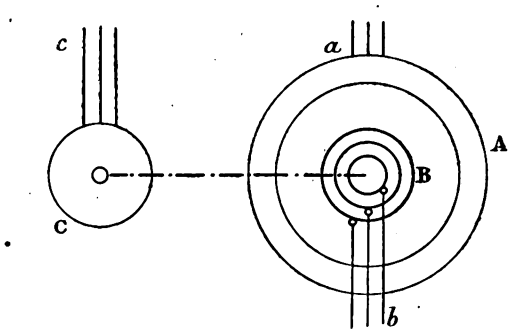


Fig. 2.
Principe du système BDR.

Remarquons que l'intensité rotorique est sensiblement la même dans tous les cas pour les trois vitesses. En effet, la tension entre bagues est, à tout instant, rigoureusement proportionnelle à la fréquence. Le couple étant constant, si l'on suppose que $\cos\varphi$ reste invariable, la puissance nécessaire est bien proportionnelle à la force électromotrice, c'est-à-dire que la ligne *b* transporte la puissance proportionnellement à $\omega - \omega'$ ou $\omega + \omega'$.

III. — Sens de la transmission des puissances dans chaque cas.

Le fonctionnement du groupe diffère suivant la puissance qui doit être fournie.

Pour la petite vitesse VR (fig. 3), A reçoit de la ligne une puissance proportionnelle à ω, mais renvoie mécaniquement par l'accouplement une puissance proportionnelle à ω', qui retourne à la ligne par C. La ligne fournit donc réellement une puissance proportionnelle à $\omega - \omega$. Il reste, d'autre part, disponible aux bagues du rotor A, en *b*, une puissance proportionnelle à $\omega - \omega'$, sous la forme $\frac{e(\omega - \omega')}{\omega} I\sqrt{3}\cos\varphi$.

C, dans ce cas, est un générateur asynchrone débitant sur la ligne. Quant à A, il est, pour une part, moteur mécanique sur la ligne, d'une puissance proportionnelle à ω', et générateur électrique, en *b*, d'une puissance proportionnelle à $\omega - \omega'$.

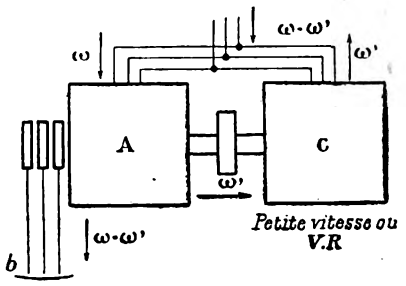


Fig. 3.
Petite vitesse.

Pour la grande vitesse VA, le fonctionnement est le suivant (fig. 4). Le rotor A reçoit toujours de la ligne une puissance proportionnelle à ω, mais C, fonctionnant à l'inverse du premier cas, reçoit de la ligne une puissance proportionnelle à ω'. Le rotor A est alors, pour une part, générateur électrique, par son stator, d'une puissance proportionnelle à ω, et reçoit mécaniquement, par l'accouplement, une puissance proportionnelle à ω'. Il y a donc disponible, en *b*, une puissance proportionnelle à $\omega + \omega'$, de la forme $\frac{e(\omega + \omega')}{\omega} I\sqrt{3}\cos\varphi$.

Le moteur C peut être un moteur asynchrone synchronisé ou un moteur synchrone, calculé pour fournir le courant réactif du moteur principal, et *servir de générateur à basse fréquence*. Ce dispositif permet de diminuer, dans une proportion considérable, l'intensité absorbée par la ligne, et relève le $\cos\varphi$ de l'installation.

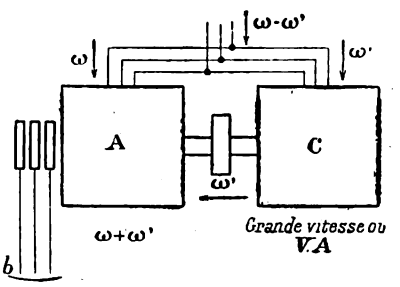


Fig. 4.
Grande vitesse.

Ce résultat constitue, d'ailleurs, un gros avantage par rapport aux autres dispositifs employés.

IV. — Avantages revendiqués en faveur du système.

Dans ce système, le groupe principal, moteur, frein, treuil, reste normal et correspond seulement comme puissance à la vitesse VN. Le ralentissement et le freinage

Digitized by Google

ont donc lieu, comme en courant continu, sur un rotor peu volumineux, et par conséquent doué d'une inertie modérée.

Il suffit de relier le rotor B au moteur qui lui communique la vitesse ω', soit par l'intermédiaire d'engrenages appropriés silencieux, soit par l'accouplement de ces deux moteurs directement au moyen de manchons, le nombre de pôles du générateur de fréquence auxiliaire et celui du moteur d'entraînement étant judicieusement choisis, mais restant de construction courante.

Comme l'on peut s'en rendre compte par ce qui précède, ce procédé permet d'obtenir trois vitesses par une solution très élégante et éminemment pratique.

Le groupe auxiliaire est d'un encombrement réduit, et sa mise en route s'opère sans la moindre difficulté.

En cas d'accident survenu au groupe auxiliaire, la vitesse VN reste toujours utilisable, et la réparation peut être effectuée sans toucher au moteur du treuil, à l'inverse de ce qui se passe dans les deux premières méthodes exposées.

V. — Les ascenseurs a grande vitesse de l'immeuble du Globe a Paris.

Pour compléter cet exposé théorique, nous décrirons l'installation de deux ascenseurs à grande vitesse, établis suivant leur nouvelle méthode, par les Établissements Baudet, Donon et Roussel, dans l'immeuble dit du Globe

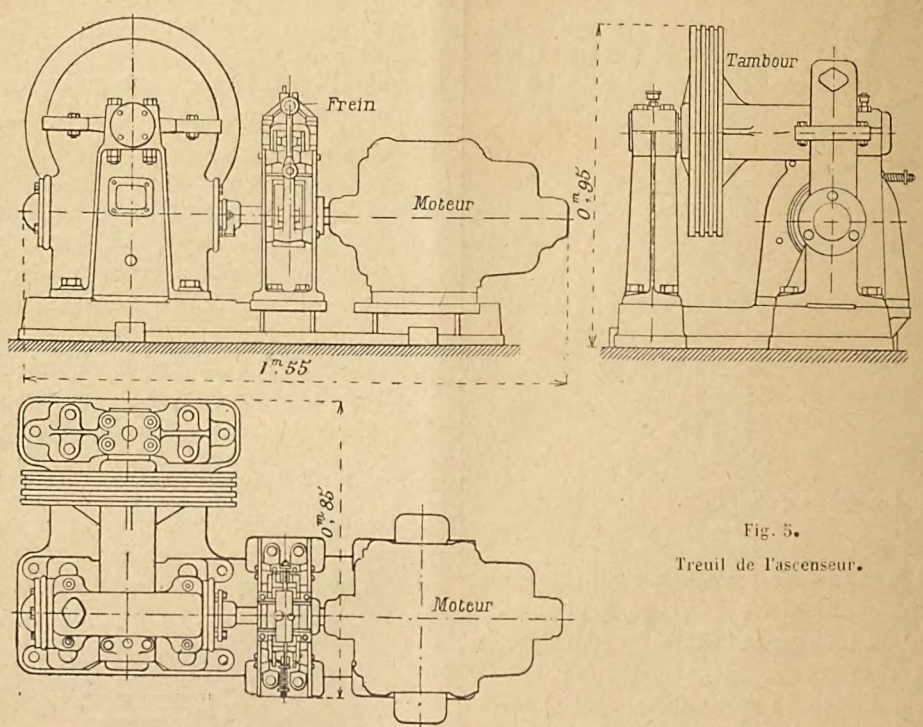


Fig. 5.
Treuil de l'ascenseur.

occupé par diverses sociétés, boulevard de Strasbourg, à Paris, et comporte six étages principaux.

Le courant utilisé diphasé, actuellement à 42 per : sec, mais qui sera ultérieurement porté à 50, est fourni par la Compagnie parisienne de Distribution d'électricité (C. P. D. E.).

Chaque cabine d'ascenseur doit pouvoir lever 500 kg (quatre personnes) à une vitesse (ω) de 1,35 m : sec (sous 50 per : sec). Le ralentissement donne une vitesse ($\omega - \omega'$) de 0,45 m : sec, et il n'a pas été prévu de vitesse accélérée ($\omega + \omega'$).

Le mouvement de tous les organes : mise en route, ralentissement, arrêt, est obtenu automatiquement en appuyant, soit à l'intérieur de la cabine, soit du palier, sur un seul bouton, celui de l'étage où l'on désire envoyer la cabine. Si l'accélération avait été prévue, le même bouton aurait permis de l'obtenir.

Le système à deux vitesses exposé ci-dessus n'a été appliqué qu'à deux des appareils que les Établissements Baudet, Donon et Roussel ont montés dans le même immeuble. Ces deux ascenseurs sont installés dans le même escalier.

Le démarrage s'opère sur la vitesse normale; un peu avant l'arrivée à l'étage, des contacteurs automatiques entrent en action et le ralentissement s'opère avec une très grande douceur.

Le passage à la vitesse réduite permet, malgré les variations de la charge, d'obtenir à l'arrêt des différences de niveau insignifiantes.

Le moteur, attelé directement sur chaque treuil (fig. 5), donne normalement une vitesse de 1500 t : mn sous 50 per : sec. Le groupe auxiliaire est composé d'un moteur à 1000 t : mn, actionnant un autre moteur à 1500 t ; mn. C'est ce dernier qui, pour le ralentissement, est relié bague à bague au moteur du treuil.

Ce groupe, muni d'un frein léger, se met en route

Digitized by Google

et s'arrête avec le moteur principal. Il est donc toujours prêt à fournir la puissance voulue pour le ralentissement, mais il ne consomme pas pendant les arrêts.

Le ralentissement doit donner au moteur du treuil une vitesse de $1500 - 1000 = 500$ t : min, correspondant à la vitesse de cabine de 0,45 m par seconde. L'utilisation de la troisième vitesse donnerait au moteur

$$1500 + 1000 = 2500 \text{ t : mn},$$

soit, à la cabine, une vitesse de 2,25 m, qui n'a rien d'exagéré pour le fonctionnement direct sur une grande longueur de parcours.

Dans la salle des machines se trouvent les tableaux de couplage et de manœuvre, les deux treuils et les groupes générateurs de fréquence auxiliaire.

Il n'est pas inutile de signaler que le dispositif qui vient d'être décrit trouve son application chaque fois que l'on désire, sur courant alternatif, obtenir *trois vitesses différentes*, par exemple pour les appareils de levage, grues, ponts roulants, locomoteurs polyphasés, le couple moyen restant constant.

VI. — Conclusion.

Il serait évidemment intéressant d'apprendre comment se comportera l'installation décrite ci-dessus. C'est de la sorte qu'on pourra apprécier sainement la valeur de la solution dont elle offre, d'après M. Bouchinot, le premier exemple d'application.

Nous serions bien surpris s'il n'était venu à l'esprit de personne, jusqu'ici, d'utiliser la pulsation de glissement $(\omega - \omega')$ d'un rotor asynchrone pour créer un palier de vitesse inférieur au palier de marche synchrone, et, symétriquement à celle-ci, la pulsation $(\omega + \omega')$ pour créer un palier supérieur.

On réalise ainsi par des changements de fréquence des régimes en nombre pratiquement suffisant, c'est-à-dire évitant la conversion d'alternatif en continu considérée jusqu'ici comme offrant seule la solution radicale des difficultés que comportent des vitesses multiples.

Mais ne serait-il pas intéressant aussi de savoir pourquoi, si l'on a songé à ce principe, le fait n'est attesté aujourd'hui par aucune application antérieure des moyens élégants et élémentaires qu'utilisent MM. Baudet, Donon et Roussel, et enfin de connaître quantitativement les éléments entrant dans la comparaison de leur système et du système concurrent basé sur la conversion de l'alternatif en continu?

A. Z.

LA STATION DE RADIOTÉLÉPHONIE TRANSATLANTIQUE DE L'OFFICE BRITANNIQUE

M. Deloraine dans les *Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones* (mai 1927), donne d'intéressants renseignements sur la puissante station transmettrice que l'Office britannique a édifiée à Rugby, pour assurer la liaison téléphonique entre Londres et New-York. Cette station présente un certain nombre de caractéristiques nouvelles sur lesquelles nous allons donner quelques détails d'après le travail de M. Deloraine.

La station transmettrice comprend l'appareillage pour la production, à puissance réduite, d'une frange modulée unique, sans onde porteuse, et un amplificateur de puissance à haute fréquence associé aux circuits nécessaires pour la commande et la protection des appareils. L'équipement préparatoire pour la production d'une frange et l'amplificateur de puissance sont tous deux assez voisins de l'appareillage correspondant employé à la station américaine de Rocky-Point.

I. Méthode de transmission. — Rappelons que la modulation d'une onde porteuse par des courants ayant la fréquence de la voix, entraîne la production de deux franges, B_1 et B_2 placées symétriquement de part et d'autre de l'onde porteuse C. L'onde porteuse elle-même n'est pas modifiée par la modulation et, en conséquence, ne contient aucune portion du message que l'on désire transmettre.

La frange supérieure est une copie exacte de la bande des fréquences contenues dans la voix, chaque fréquence étant augmentée d'une quantité égale à la fréquence de l'onde porteuse. La frange inférieure prend une position renversée par rapport à l'onde porteuse.

Chacune des deux franges contient tous les éléments nécessaires à la reproduction des courants de la voix. En conséquence, une seule frange est nécessaire pour la réception, et l'on ne gagnerait rien à transmettre deux bandes plutôt qu'une seule; il y a, au contraire, plusieurs avantages à exclure l'une des deux franges. Dans la méthode ordinaire de transmission radiotéléphonique, l'ensemble de l'onde porteuse et des deux franges est transmis par l'antenne et rayonné dans l'espace. Etant donné que l'onde porteuse contient au moins les deux tiers de l'énergie totale envoyée dans l'antenne et que les produits de la modulation occupent plus de deux fois la bande de fréquence strictement nécessaire, il est évident que la méthode ordinaire de transmission ne conduit pas au rendement maximum, soit par rapport à la consommation de puissance, soit par rapport à l'emploi le plus avantageux de l'échelle des fréquences de l'éther.

Digitized by Google

Dans la méthode de transmission à une seule frange et sans onde porteuse, une des deux franges, B_2 par exemple, est extraite du spectre produit par la modulation et amplifiée jusqu'à ce que la puissance nécessaire à la transmission soit obtenue.

Le procédé de réception comprend la sélection de la bande B_2, son amplification, et la translation de la bande de fréquences à sa position d'origine par rapport à la fréquence zéro, ce qui reproduit le spectre de fréquence original. Cette transformation de fréquence est obtenue par la réintroduction de l'onde porteuse C sur la grille du détecteur, autrement dit, en employant une hétérodyne de même fréquence que l'onde porteuse éliminée à la station transmettrice. Cette translation est donc obtenue facilement, mais la fréquence de l'hétérodyne doit être réglée très exactement, sans quoi les fréquences reproduites ne seraient pas dans leurs positions propres par rapport à la position zéro et la qualité de la voix serait modifiée.

Ainsi qu'on l'a fait remarquer, l'élimination de l'onde porteuse produit une économie de puissance d'au moins 67 pour 100. En outre, la suppression d'une frange réduit la largeur de la bande nécessaire à la transmission à moins de la moitié de celle qui serait employée dans le cas de la méthode ordinaire, ce qui est très important étant donné l'état de congestion dans lequel se trouvent maintenant les bandes de fréquence aux environs de celle qui est employée par la radiotéléphonie transatlantique.

La bande plus étroite, employée dans le système à une seule frange, permet l'emploi d'appareils de réception plus sélectifs, ce qui est avantageux pour la réduction du brouillage dû aux atmosphériques, et augmente la valeur du rapport entre l'intensité des signaux à recevoir et celle des signaux gênants ou des atmosphériques. Toutes choses égales d'ailleurs, cette réduction de la bande permet une économie de puissance à la station émettrice.

Un second avantage important, résultant de la réduction de la largeur de la bande, est de simplifier les problèmes d'établissement des circuits à haute fréquence à la station émettrice. Il est très difficile, par exemple, aux fréquences employées pour la radiotéléphonie transatlantique, d'établir une antenne ayant un rendement suffisamment élevé et laissant passer à peu près également les diverses fréquences, même celles qui sont comprises dans une seule frange.

La méthode de transmission à une seule frange a un troisième avantage important, c'est d'entraîner une réduction des fluctuations provenant du milieu transmetteur.

Le choix de la position de la bande de fréquences qui sert à la téléphonie transatlantique est déterminé par un certain nombre de facteurs, dont les plus importants sont le prix de revient de la transmission et les caractéristiques du milieu transmetteur. Une étude très complète, faite sur la transmission radioélectrique à travers l'Atlantique, dans l'échelle de longueurs d'onde comprises entre 5000 et 17000 m, a montré que, d'une façon générale, les grandes longueurs d'onde sont reçues avec une force plus constante à un moment donné que les ondes plus courtes, et sont moins sujettes aux variations. Cette étude a montré aussi que l'interférence produite par les atmosphériques est moins forte dans le cas des ondes moyennes. Les ondes longues entraînent des dépenses plus élevées à la station émettrice. Après avoir considéré les divers facteurs du problème, on décida que, pour le moment, la fréquence moyenne de la bande transmise serait prise entre 50 et 65 kilocycles par seconde.

L'emploi de la méthede de transmission à une seule frange nécessite un appareillage préparatoire pour la modulation et la filtration de l'onde de haute fréquence et de petite puissance, car les opérations seraient très difficiles à réaliser sur des courants importants. Le transmetteur comprend donc un appareillage préparatoire de petite puissance et un amplificateur à haute fréquence de grande puissance.

Ces filtres ne peuvent pas être construits économiquement pour une puissance appréciable. Il est préférable de moduler et de filtrer des courants de très petite intensité, et d'amplifier l'onde de haute fréquence obtenue jusqu'à ce qu'on ait l'énergie nécessaire.

II. Amplificateur de puissance à haute fréquence. — La puissance fournie par l'équipement préparatoire doit être amplifiée avec un minimum de distorsion et avec un rendement aussi élevé que possible. En partant d'une puissance d'environ 25 w, on doit arriver à obtenir plus de 100 kw. Cette opération est effectuée en trois étages successifs d'amplification qui comprennent respectivement une, trois et trente lampes à refroidissement par eau. Les lampes utilisées sont toutes du types normal de 10 kw, fabriquées par la Compagnie « Standard telephones and cables limited » de Londres. L'anode en cuivre est de forme cylindrique et se trouve supportée dans une enveloppe de refroidissement à la partie inférieure de laquelle l'eau entre tangentiellement, ce qui lui donne un mouvement de rotation autour de l'anode. La chaleur produite par la dissipation d'énergie dans la lampe est illiminée par l'eau de refroidissement, la température de l'anode en opération normale restant au-dessous de 60° C. L'anode a un diamètre extérieur légèrement supérieur à 5 cm et une longueur de 25 cm. Grâce à un procédé spécial, cette anode est scellée directement à la partie cylindrique en verre qui supporte le filament et la grille. Cette partie en verre a un diamètre extérieur de 9 cm environ et une longueur de 12,5 m environ.

Le filament a une longueur de 40 cm; il est en fil de tungstène de 0,9 mm de diamètre. La grille est constituée par l'enroulement en hélice d'un fil de molybdène de 0,2 mm de diamètre, au pas de 1,7 mm.

L'intensité du courant de chauffage est de 41 ampères, sous une tension pouvant varier entre 21 et 24 v. Les lampes sont réparties en six classes correspondant à des

Digitized by Google

différences de tension de chauffage d'un demi-volt, et une lettre correspondant à chaque classe est gravée sur le verre de la lampe.

La tension normale de plaque est d'environ 10000 v et l'intensité du courant de plaque correspondant est de 1,4 amp. L'intensité du courant de grille peut atteindre 0,3 amp; l'anode peut dissiper une puissance de 250 w, avec un facteur de sécurité important. La constante d'amplification des tubes est approximativement de 38, de sorte que la tension négative de grille qui ramène le courant de plaque au zéro pour une tension de plaque de 10000 v est de 265 v.

La lampe de 10 kw fournit une puissance à haute fréquence de 10 kw à une fréquence déterminée lorsqu'elle est employée avec un circuit convenable. Il est très difficile de construire économiquement une antenne ayant un rendement suffisamment élevé aux longueurs d'onde employées et, en même temps, de satisfaire aux conditions imposées aux circuits de sortie par la nécessité de laisser passer une bande de fréquence de la largeur exigée pour une transmission satisfaisante de la parole. Des difficultés se présentent aussi par suite de la tendance des lampes à produire des oscillations parasites, et, à cause de l'importance de la puissance que possède la source d'alimentation des anodes par rapport à celle qui absorbe normalement une des lampes. On conçoit donc que la puissance que l'on peut obtenir dans les conditions indiquées plus haut, à partir d'un certain nombre de lampes de 10 kw soit inférieur à 10 kw par lampe.

Si l'on veut éviter la production d'harmoniques de grande amplitude, qui modifieraient la forme des courants de sortie, le fonctionnement des amplificateurs présente certaines difficultés. Il est possible, cependant, de faire fonctionner de cette façon un amplificateur à haute fréquence; en prenant les précautions convenables, les bandes d'harmoniques peuvent être suffisamment éloignées de la bande que l'on désire amplifier pour qu'il soit relativement facile de les éliminer et d'empêcher presque complètement leur radiation par l'antenne émettrice. Un amplificateur de ce genre est employé à Rugby.

L'amplitude des tensions alternatives appliquées sur la grille est telle qu'elle conduit à des pointes de tension positive élevées. Pendant cette partie du cycle, le courant de grille est assez intense et l'impédance filament-grille est très diminuée. Dans la demi-période suivante, la grille devient très négative et l'impédance filament-grille est très élevée. Afin d'empêcher que ces variations d'impédance ne réagissant sur le circuit de plaque de l'étage précédent, il est nécessaire de prévoir, dans le circuit de couplage, entre la grille et le filament, un shunt d'impédance suffisamment basse pour réduire au minimum l'effet de la variation d'impédance du circuit de grille de l'étage considéré.

Les circuits de couplage ont été étudiés en vue de recevoir, avec un rendement convenable, l'énergie fournie par l'étage précédent et de transmettre une partie de cette énergie, à la tension voulue, au circuit de grille de l'étage suivant. Ces circuits sont, en réalité, des transformateurs abaisseurs présentant l'impédance optimum au circuit de plaque de l'étage précédent et, au circuit de grille de l'étage suivant, une impédance de l'ordre de l'impédance minima présentée par ce circuit de grille, pendant l'alternance positive du cycle des tensions de grille. Il y a augmentation progressive de la puissance fournie par les étages successifs, mais pratiquement pas d'amplification en tension. Les circuits de couplage sont du type anti-résonant; la branche inductive est formée par la combinaison d'une inductance en série avec un circuit inductance et résistance en parallèle, ce dernier circuit étant du côté terre du circuit de couplage. La tension alternative de grille est prise aux bornes du circuit formé par la combinaison inductance et résistance en parallèle.

Non seulement ce genre de circuit remplit les conditions d'impédance indiquées plus haut, mais il transmet l'énergie avec un bon rendement à l'intérieur de la bande de fréquences que l'on désire transmettre et avec un faible rendement pour la bande d'harmoniques.

Pour appliquer cette méthode de couplage entre étages successifs et donner à l'ensemble une souplesse suffisante, il a été nécessaire d'employer trois étages d'amplification successifs. Le premier étage n'a pas qu'une seule lampe, le second comprend trois lampes en parallèle, et le troisième 30 lampes en parallèle. Ce dernier étage est divisé en deux unités de 15 lampes, pouvant, ensemble ou séparément, mettre l'énergie amplifiée dans l'antenne.

Dans un système de ce genre, il est très important de prendre des précautions pour empêcher la radiation des harmoniques par l'antenne émettrice. Chaque circuit intermédiaire élimine, dans une large mesure, les harmoniques produites par l'étage précédent. Le circuit de sortie consiste essentiellement en une combinaison de capacité et d'inductance en parallèle, la branche inductive étant divisée en deux sections dont l'une est employée pour l'accord et l'autre pour le couplage au circuit d'antenne. Ce circuit est accordé pour la fréquence milieu de la bande transmise.

III. Circuit de sortie et antenne. — Le circuit de sortie comprend essentiellement un condensateur d'isolement, des condensateurs d'accord, une inductance de couplage avec antenne, une inductance d'accord de l'antenne. Le condensateur d'accord consiste en quatre unités en série. Lorsque les deux unités de quinze lampes sont employées dans le dernier étage d'amplification, les plaques sont reliées à la borne à haute tension du condensateur qui est le plus près de la terre. Cette connexion est reportée plus haut lorsqu'on n'emploie qu'une seule unité. Ceci conserve la relation établie entre l'impédance de sortie des lampes et l'impédance du circuit de sortie. Les inductances du circuit de sortie ont été étudiées par la section technique de l'office britannique; ce service a fait des études expérimentales considérables en vue de

Digitized by Google

déterminer quel était l'isolant le plus convenable pour la construction des supports. A la suite de ces études, les supports en forme d'étoile ont été construits en une espèce déterminée de bois blanc d'Amérique. Le conducteur, enroulé sur ces supports, est formé d'un très grand nombre de fils en parallèle, chacun des fils étant émaillé et isolé au coton et à la soie.

L'antenne réservée aux transmissions téléphoniques a environ 2 km de long; elle est formée d'une cage de huit fils espacés par des étoiles de 4 m de diamètre et supportés par six mâts, disposés en plan en forme d'U. Ces mâts ont été construits par MM. Heard Wrightson et Cie, d'après les spécifications de l'Office britannique, et sont du type à pivot et haubanné. Les mâts ont une section triangulaire, les côtés ayant environ 3 m; la hauteur de chaque mât est d'environ 270 m. Ils ont été prévus pour une tension horizontale d'environ 10 tonnes. Le système de terre consiste en un réseau de fils de cuivre enterrés à une petite profondeur dans le sol. La résistance effective de l'antenne aux fréquences considérées donne une courbe de résonance assez pointue, ce qui introduit des difficultés importantes dans la question de la transmission de la parole. Ces difficultés sont beaucoup moindres dans le cas d'une communication télégraphique, par suite de la bande étroite de fréquences occupée par une transmission télégraphique à vitesse ordinaire. Dans le cas de la téléphonie, et même pour le système avec une seule frange, la transmission de la bande nécessaire est un problème difficile à résoudre, et le circuit de sortie couplé à l'antenne est réglé de telle façon que l'on obtient finalement une caractéristique des courants de sortie, en fonction des tensions à l'entrée de l'amplificateur, pour les diverses fréquences, qui est beaucoup plus large que la caractéristique de l'antenne seule. Cet élargissement de la bande de transmission n'est obtenu qu'aux prix de l'emploi des tensions alternatives plus élevées sur les plaques des lampes du dernier étage d'amplification.

L'alimentation de l'amplificateur à haute fréquence comprend essentiellement l'alimentation des filaments, des grilles et des plaques des lampes. La puissance nécessaire au chauffage des deuxième et troisième étages d'amplification provient d'une génératrice triphasée à 416 v et 100 per : sec. Les unités à 15 lampes sont divisées en en trois sections de 5 lampes, chaque section étant alimentée par une phase. Le courant de chauffage de l'unité à une lampe est fourni par une dynamo. Cette disposition a été reconnue nécessaire pour éviter l'ondulation provenant de l'emploi d'un courant de chauffage alternatif. Le courant alternatif de chauffage est fourni par deux groupes convertisseurs de fréquence de 200 kw chacun. Chaque groupe est formé d'un moteur asynchrone à 416 v et 50 per : sec, entraînant un alternateur triphasé à 100 per : sec pourvu de régulateurs Tirril.

Les grilles reçoivent la tension négative de polarisation à travers trois potentiomètres : un pour chaque étage. L'impédance de ces potentiomètres doit être relativement basse, afin d'empêcher les fluctuations du courant de grille d'introduire de la distorsion en changeant la valeur de la tension négative de grille. Le potentiomètre, dans le troisième étage de l'amplificateur, est comparativement de grandes dimensions et dissipe une puissance de plusieurs kw. L'alimentation est obtenue à partir d'un groupe comprenant un moteur asynchrone avec démarrage à distance et une dynamo à excitation variable, également commandée à distance.

Le courant continu des plaques provient de groupes moteur générateur à haute tension spéciaux, d'après les spécifications de l'Office britannique, Normalement deux groupes de machines sont montés en série; chaque groupe comporte un moteur asynchrone triphasé à 2000 v, couplé à deux dynamos de 250 kw, 3000 v, montées en série. La tension totale est donc de 12000 v. Chaque dynamo est protégée par un disjoncteur extra-rapide, qui introduit une résistance limitant le courant dans l'induit et ouvre, en même temps, le circuit d'excitation.

Le système comporte des dispositifs de contrôle et de protection destinés à assurer la sécurité et la continuité du fonctionnement.

Les circuits de protection comportent un verrouillage qui oblige à fermer les disjoncteurs d'alimentation dans un ordre donné et en observant certaines conditions. Par exemple, il n'est pas possible de fermer le disjoncteur des circuits de chauffage des filaments ou le disjoncteur d'alimentation de plaque sans avoir préalablement une quantité suffisante d'eau de refroissement en circulation à une température convenable. De même, il n'est pas possible de fermer le disjoncteur de plaque sans appliquer d'abord une tension négative de polarisation suffisante et sans fermer les différentes portes des entourages de protection. Un certain nombre de relais protègent l'émetteur en cas de fonctionnement anormal; par exemple, des relais sont en série dans la connection venant du point milieu de chaque secondaire des transformateurs de filaments. Si le courant de plaque d'une des lampes vient à dépasser une certaine intensité, le relais correspondant se fermera et fera supprimer l'alimentation de plaque du système. Des éclateurs de sécurité sont installés sur les barres mettant en parallèle les plaques et les grilles de chaque unité. Si l'une quelconque de ces barres vient à présenter une tension instantanée dépassant une valeur déterminée, il se produira une étincelle à l'éclateur; le relais correspondant fera supprimer l'alimentation de plaque dans le cas d'une surtension de plaque, et, de plus, l'alimentation de la tension de polarisation dans le cas d'une surtension de grille. Des relais contrôlent la circulation et la température de l'eau; si le courant d'eau est insuffisant ou si la température de l'eau est trop élevée, le disjoncteur de plaque et le disjoncteur d'alimentation des filaments s'ouvrent automatiquement.

A. B.

Digitized by Google

SUR LA DÉTERMINATION DES RÉACTANCES OU DES TRANSFORMATEURS PARCOURUS PAR DU COURANT CONTINU

Il est généralement indispensable de ménager un entrefer dans l'armature d'une réactance ou d'un transformateur parcourus par du courant continu de façon à élever l'impédance maxima possible.

L'étude ci-dessous donne une méthode de calcul direct de ces réactances ou transformateurs, qui détermine, en même temps les caractéristiques optima de l'entrefer à prévoir.

Introduction. — L'étude des réactances ou transformateurs parcourus par du courant continu est une question d'importance croissante dont on trouve des applications immédiates dans la construction des transformateurs intermédiaires ou de sortie des amplificateurs à lampes triodes, des impédances de modulation pour émetteurs radiotéléphoniques, et des réactances pour filtres électriques. Dans les trois cas précédents, on recherche une très forte valeur d'impédance sous courant alternatif; mais l'effet de saturation du courant continu, en abaisse la limite maxima possible. Or, on sait qu'un procédé simple, permettant d'empêcher cette réduction, consiste à ménager un entrefer dans le circuit magnétique de l'appareil.

Lorsque la force magnétomotrice permanente est importante, l'entrefer doit être grand; lorsqu'elle est faible l'entrefer optimum peut descendre jusqu'à l'épaisseur de l'isolant entre les tôles.

Ces entrefers sont généralement déterminés par expérience après la construction de l'appareil. Mais l'entrefer optimum étant trouvé, il est possible que la valeur de l'impédance résultante ne correspondra plus au but cherché et nécessite de nouvelles retouches du bobinage. En d'autres termes, le problème peut se résoudre pratiquement par approximations successives, mais il est incontestable qu'une méthode de calcul direct rendrait de précieux services.

Méthode de calcul. — La méthode de calcul direct qui va être exposée est basée sur la connaissance des courbes de perméabilité statique et dynamique du fer employé (1).

Les courbes de la figure 1 donnent les perméabilités statiques et dynamiques pour différentes valeurs de B. La perméabilité dynamique se rapporte à des cycles extrêmement réduits, elle a été calculée d'après des données très précises de Spooner. On a établi ces valeurs justement par de très petits cycles, car, dans la plupart des cas de la pratique, l'impédance doit être égale ou supérieure à une certaine valeur donnée, pour toute tension alternative appliquée, quelle que soit son amplitude; or il est connu que la perméabilité dynamique définie ci-dessus (et par conséquent l'inductance résultante) est plus faible pour de petites variations de flux. C'est précisément là le cas des réactances de modulation d'émetteurs radiotéléphoniques, des transformateurs de liaison entre étages amplificateurs à lampes, etc. Dans le cas de circuits filtre où les amplitudes de pulsation gardent une certaine importance, il y a peut-être avantage à considérer la perméabilité dynamique qui est plus importante que la statique grâce aux plus grandes variations de flux. Les développements ci-dessous n'envisagent pas ce cas, mais peuvent cependant guider avantageusement les calculs de telles réactances pour lesquelles l'amplitude de variation du flux doit être connue ou déterminée.

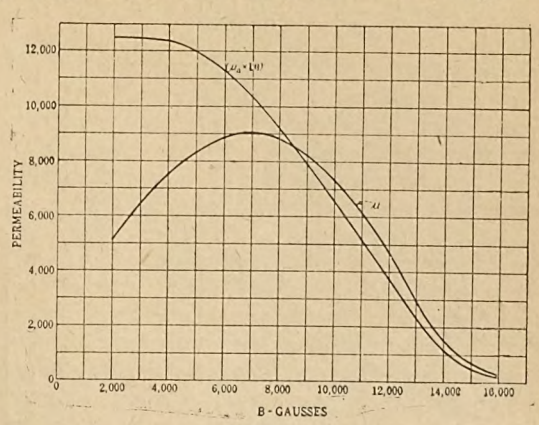


Fig. 1.
Courbes de perméabilités statique et dynamique pour tôles à 4 pour 100 de silicium.

Soient les symboles suivants :

B = Densité de flux permanent, dans le fer et l'entrefer, en gauss.
N = Nombre de spires de l'enroulement.
I = Intensité du courant continu en ampères.
S = Surface de la section droite du fer et de l'entrefer, en cm².
l = Longueur du circuit magnétique en cm.
a = Longueur de l'entrefer en cm.
L = Inductance en henrys.
μ_s = Perméabilité statique $= \frac{B}{H}$.
μ_d = Perméabilité de dynamique $= \frac{dB}{dH}$

(1) Rappelons que les coefficients de perméabilité statique (μ_S) et dynamique (μ_d) sont liés par la relation :

$$\mu_d = \mu_s \frac{J_m}{I_m} \times \frac{1}{\cos \alpha}$$

où :
J_m = valeur maxima du courant réel non sinusoïdal traversant la réactance.
I_m = valeur maxima du courant réel sinusoïdal équivalent.
α = angle d'avance hystérétique.

Dans l'expression ci-dessus μ_s est défini à la manière habituelle, $\mu_s = f\left(\frac{B}{H}\right)$ tandis que μ_d serait plutôt de la forme $\mu_d = f\left(\frac{dB}{dH}\right)$, μ_d peut être déterminé directement sous courant alternatif et

Digitized by Google

où dH sont les accroissements successifs de très faibles valeurs d'un cycle d'hystérésis très réduit.

On peut écrire :

$$B = \frac{4}{10}\pi N I \times \frac{1}{\frac{l}{\mu} + a} \qquad (1)$$

et

$$L = \frac{4}{10}\pi N^2 S \times \frac{1}{\frac{l}{\mu} + a} \times 10^{-8} \qquad (2)$$

De (1) l'on tire :

$$N = \frac{B\left[\frac{l}{\mu} + a\right]}{\frac{4}{10}\pi I}. \qquad (3)$$

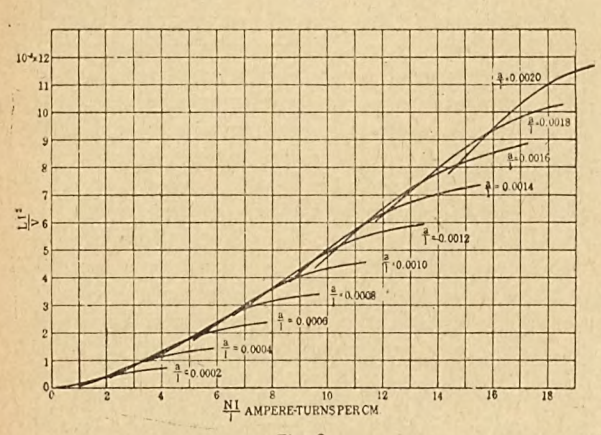


Fig. 2.

Enveloppe des courbes de tôles au silicium.

En substituant dans (2) cette valeur de N :

$$L = \frac{B^2\left[\frac{l}{\mu} + a\right]^2 S 10^{-8}}{\frac{4}{10}\pi I^2\left[\frac{l}{\mu_d} + a\right]} = \frac{B^2\left[\frac{1}{\mu} + \frac{a}{l}\right]^2 l S 10^{-8}}{\frac{4}{10}\pi I^2\left[\frac{1}{\mu_d} + \frac{a}{l}\right]}. \qquad (4)$$

Posons $lS = V$ = volume de la carcasse magnétique et remplaçons dans (4) :

$$\frac{LI^2}{V} = \frac{B^2\left[\frac{1}{\mu} + \frac{a}{l}\right]^2 \times 10^{-8}}{\frac{4}{10}\pi\left[\frac{1}{\mu_d} + \frac{a}{l}\right]}. \qquad (5)$$

De (1) on tire également :

$$\frac{NI}{l} = \frac{B}{\frac{4}{10}\pi}\left[\frac{1}{\mu} + \frac{a}{l}\right]. \qquad (6)$$

Pour une valeur quelconque du rapport $\frac{a}{l}$, on peut considérer les équations (5) et (6) comme ayant un paramètre commun : B. Il est alors possible de tracer la courbe de $\frac{LI^2}{V}$ en fonction de $\frac{NI}{l}$ en se fixant plusieurs valeurs de B, les valeurs de μ et μ_d étant fournies par les courbes de la figure 1 pour l'induction choisie. Ces valeurs introduites dans les équations (5) et (6) déterminent $\frac{LI^2}{V}$ et $\frac{NI}{l}$. NI représente les ampères-tours constants, par centimètre de longueur de fer, et $\frac{LI^2}{V}$, une quantité, qui, divisée par le carré de l'intensité, donne l'inductance par cm³ de fer.

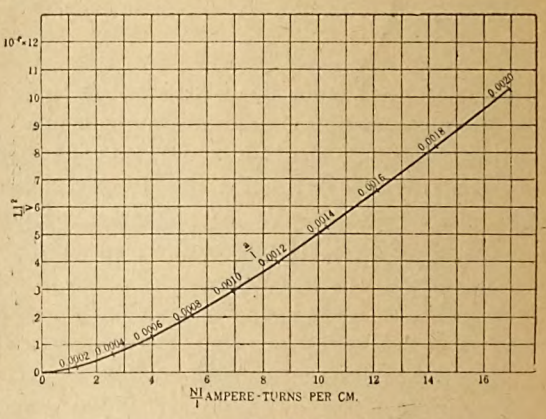


Fig. 3.

Courbe enveloppe graduée directement en unités de $\frac{a}{l}$ par tôles au silicium à 4 pour 400.

La famille de courbes obtenue pour différentes valeurs du rapport $\frac{a}{l}$ est représentée figure 2. On y remarque que, si $\frac{NI}{l}$ est augmenté par accroissement de N ou de I, ou par réduction de l, $\frac{LI^2}{V}$ croît en même temps que $\frac{a}{l}$.

Si la valeur de $\frac{a}{l}$ est convenablement choisie, l'enveloppe de cette famille fournit la relation entre $\frac{LI^2}{V}$ et $\frac{NI}{l}$.

Etant donné que chacune de ces courbes correspond à une certaine valeur de $\frac{a}{l}$, le point de tangence avec l'enveloppe donne la valeur de $\frac{NI}{l}$ exigée par le choix de $\frac{a}{l}$.

La courbe enveloppe peut donc être représentée par une échelle graduée directement en vraies valeurs du rapport $\frac{a}{l}$ (fig. 3).

Cette échelle permet de résoudre très simplement les problèmes d'inductances sous courant constant permanent. Supposons que, les dimensions du fer étant choisies, on ait à déterminer un enroulement et un entrefer

---

partant de la théorie de Kapp d'après laquelle la composante déwattée du courant sinusoïdal équivalent I_m joue seule le rôle de courant magnétisant pour une réactance ou un transformateur.

μ_d intervient alors dans les formules habituelles du circuit magnétique :

$$I_{dew}\sqrt{2} = \frac{B_m l}{4\pi n \mu_d} \qquad \mu_d \frac{B_m l}{4\pi n I_{dew}\sqrt{2}} = \frac{U l}{4\pi n^2 \omega S I_d}$$

où on lui trouve des valeurs plus grandes que celles de μ_s avec lequel il convient de ne pas le confondre.

N. du T.

Digitized by Google

tels, que sous un courant constant de I ampères, l'inductance sous courant alternatif soit L.

La valeur de $\frac{LI^2}{V}$ est déterminée et la courbe enveloppe graduée donne immédiatement la valeur de $\frac{NI}{l}$ correspondant. La longueur du fer l et l'intensité I étant donnés,

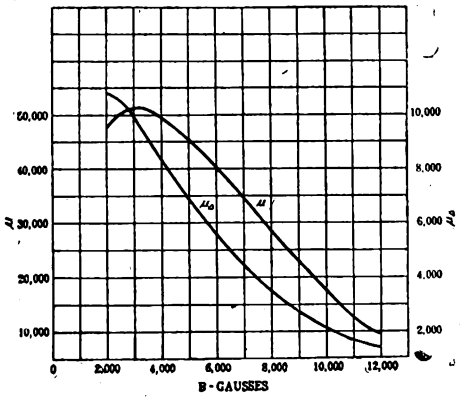


Fig. 4.

Courbes de perméabilités statique et dynamique pour tôles Hypernik.

N s'en tire. D'autre part on obtient l'entrefer optimum par lecture du rapport $\frac{a}{l}$ sur la courbe enveloppe.

Soit à traiter le cas correspondant aux données suivantes :

$= 14$ cm.
$A = 5{,}5$ cm².
$L = 12$ henrys.
$I = 0{,}05$ ampère.

On obtient : $\frac{LI^2}{V} = \frac{12 \times 0{,}05^2}{14 \times 5{,}5} = 5{,}9 \times 10^{-4}$

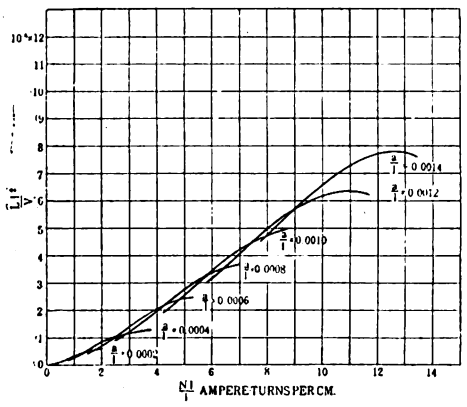


Fig. 5.

Courbe enveloppe pour tôle Hypernik.

valeur pour laquelle la courbe de la figure 5 indique :

$$\frac{NI}{l} = 8{,}45$$

soit $$N = \frac{8{,}45 \times 14}{0{,}05} = 2560 \text{ spires.}$$

La même courbe donne également

$\frac{a}{l} = 0{,}0012$ soit $a = 0{,}0012 \times 14 = 0{,}0168$ cm.

Il peut advenir que le bobinage de 2560 spires dans un volume donné, conduise à une résistance ohmique trop élevée. Il suffit alors de reprendre le calcul en partant d'une section de fer plus grande.

Un cas fréquent est celui où l'on cherche à réaliser l'inductance maxima avec un fer déterminé. Si la valeur de l est fixée, comme précédemment, on remarque sur la

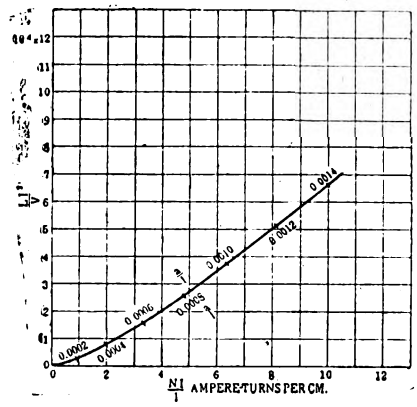


Fig. 6.

Courbe enveloppe graduée en unités de $\frac{a}{b}$ pour tôles Hypernik.

Tracée d'après le calcul.

courbe de la figure 5 que l'inductance est d'autant plus élevée que les spires sont nombreuses *à la condition* d'accroître l'entrefer suivant ses données. On peut donc obtenir des enroulements comportant le plus grand nombre possible de spires compatibles avec leur résistance ohmique limite ou leur capacité propre.

Reprenons le cas concret précédent et admettons que 4000 spires puissent être bobinées sans excéder la résis-

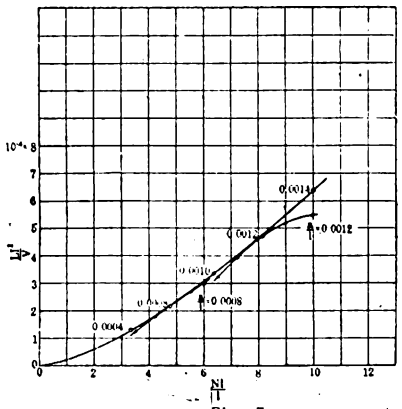


Fig. 7.

Courbe enveloppe graduée en unités $\frac{a}{l}$ pour tôles Hypernik.

Tracé expérimental.

tance limite première. Si l'intensité reste la même on a :

$$\frac{NI}{l} = \frac{4000 \times 0{,}5}{14} = 14{,}5.$$

La courbe enveloppe donne pour cette valeur :

$$\frac{LI^2}{l} = 8{,}2 \times 10^{-4}.$$

D'où : $L = \frac{8{,}2 \times 10^{-4} \times 14 \times 5{,}5}{(0{,}05)^2} = 25{,}2$ henrys.

Digitized by Google

La valeur de l'entrefer correspondant est déduite de :

$$\frac{a}{l} = 0{,}0018 \qquad a = 0{,}0018 \text{ v } 14 = 0{,}025 \text{ cm.}$$

Les mêmes calculs ont été appliqués à des tôles à 50 pour 100 de nickel. Les courbes de la figure 4 donnent les perméabilités statiques et dynamiques, ces dernières ayant été obtenues de la même façon que dans le cas précédent.

La famille des courbes de $\frac{LI^2}{V}$ en fonction de $\frac{NI}{l}$ pour différentes valeurs de l'entrefer est tracée figure 5. La figure 6 en montre l'enveloppe avec son échelle de graduation en valeurs directes du rapport $\frac{a}{l}$.

Les courbes de tôles au silicium et au nickel ont été utilisées dans la construction des réactances et des transformateurs où elles ont permis d'atteindre, dans les résultats cherchés, une précision surprenante, tant qu'il s'est agit de tôles recuites. Les différences entre les valeurs calculées et les valeurs mesurées après constructions ne dépassent pas 15 pour 100. L'entrefer optimum n'exige pas une précision rigoureuse.

Méthode de détermination des courbes. — On peut voir facilement que les courbes de perméabilité peuvent s'obtenir expérimentalement au lieu d'être tracées par le calcul.

Chaque courbe de la famille est une expression de $\frac{LI^2}{V}$ en fonction de $\frac{NI}{l}$ pour une valeur déterminée de $\frac{a}{l}$. Si un noyau de section uniforme est recouvert d'un enroulement, son inductance en courant alternatif pour différentes valeurs d'intensité de courant continu peut être évaluée au pont à courant alternatif.

En maintenant l'entrefer à une valeur déterminée, il est très facile de relever $\frac{LI^2}{V}$ en partant de $\frac{NI}{L}$. L'entrefer peut ensuite être changé pour le relevé d'une autre courbe, et ainsi de suite jusqu'à l'obtention de la famille complète des courbes intéressées, dont on tire ensuite l'enveloppe à graduer directement en unités de $\frac{a}{l}$.

La figure 7 donne deux courbes de tôles à 50 pour 100 de nickel qui ont été relevées par ce procédé empirique.

Leur enveloppe est absolument comparable à celle de la figure 6 obtenue par calcul.

Lors du relevé de la courbe au pont, l'intensité dans la réactance ou le transformateur est variée par une résistance montée en série avec la source d'alimentation. L'enroulement en essai est relié à un inverseur bipolaire qui permet d'être certain que l'induction dans le fer est bien celle correspondant à la courbe $\frac{B}{H}$ normale.

J. M.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 18 juillet 1927.

Changement des propriétés optiques du quartz sous l'influence du champ électrique, par M. Ny Tsi Ze.

Considérons un parallélépipède rectangle de quartz ayant quatre arêtes parallèles à l'axe optique et quatre arêtes parallèles à l'un des axes électriques. Les directions de l'axe optique, de l'axe électrique et la troisième direction rectangulaire sont caractérisées par les indices n_e, n_{01}, et n_{02} des vibrations extraordinaire et ordinaire. Quand le quartz ne subit aucune déformation, n_{01} est égal à n_{02}.

Établissons maintenant un champ électrique suivant l'axe électrique; la surface d'onde se déforme, le cristal devient biaxe et les indices dans les trois directions deviennent :

$$n_e + \Delta n_e, \quad n_{01} + \Delta n_{01}, \quad n_{02} + \Delta n_{02}.$$

L'observation doit être faite dans deux directions différentes et la mesure de ces variations des indices a été complètement effectuée de la manière suivante :

Nous déterminons d'abord les variations des indices Δn_e et Δn_{02} des vibrations extraordinaire et ordinaire dans la direction de l'axe électrique. Pour cela nous observons les anneaux à l'infini produits, soit avec le rayon ordinaire, soit avec le rayon extraordinaire, entre les deux faces normales à l'axe électrique recouvertes d'une argenture assez forte mais cependant transparente. La variation d'épaisseur ayant déjà été mesurée (1) la détermination du changement d'ordre d'interférence sous l'influence du champ électrique permet de calculer la variation d'indice.

Pour un certain sens du champ électrique, les anneaux à l'infini, avec le rayon ordinaire, ou avec le rayon extraordinaire, sortent; et inversement les anneaux à l'infini diminuent de diamètre lorsque le sens du champ électrique est contraire au précédent. Le nombre des franges déplacées dans un sens ou dans l'autre est le même en valeur absolue.

Nous avons mesuré les variations des indices sur trois lames d'épaisseurs de 2,52 mm, 5,29 mm et 10,55 mm, respectivement. Les variations totales observées sont identiques dans les trois cas et par conséquent indépendantes de l'épaisseur. On trouve, par unité du champ,

$$\Pi = \frac{V}{e} = 1 \text{ C. G. S., U. E. S.,}$$

et pour la radiation verte du mercure,

$$\Delta n_e = \pm 2{,}9 \times 10^{-8},$$
$$\Delta n_{02} = \pm 3{,}9 \times 10^{-8}.$$

Les deux indices varient donc d'une manière inégale et par suite la biréfringence est modifiée. Ce dernier résultat a été vérifié directement avec les hyperboles de Müller.

Pour observer les variations de biréfringence dans la direction normale aux axes optique et électrique, nous utilisons les spectres cannelés de Fizeau et Foucault, la biréfringence naturelle de la lame à étudier étant compensée par une autre lame d'à peu près même longueur.

La double réfraction diminue lorsque l'on charge positivement l'extrémité de l'axe électrique, qui deviendrait positive par une compression exercée dans la direction de cet axe; elle augmente lorsque le sens du champ électrique est contraire au précédent. C'est ce qui a été d'ailleurs constaté qualitativement par Röntgen et par Kundt (2).

(1) Ny Tsi Ze, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1645.
(2) Wied, *Ann. der Physik*, 18, 1883, p. 213, 228 et 534.

Digitized by Google

Nous avons mesuré ces variations de biréfringence sur deux lames de 45,48 mm et 45,00 mm de long et de 5,29 mm et 12,66 mm d'épaisseur. Nous trouvons par unité de champ, pour $\lambda = 5450$ Å,

$$\Delta(n_e - n_{01}) = \pm 1{,}55 \times 10^{-8}.$$

Il en résulte que l'on a :

$$\Delta n_{01} = \pm 1{,}6 \times 10^{-8}$$
$$\Delta n_{02} = \pm 3{,}9 \times 10^{-8}$$
$$\Delta n_e = \pm 2{,}9 \times 10^{-8}$$

par unité du champ et pour la radiation verte du mercure.

En résumé, lorsque l'on charge positivement l'extrémité de l'axe électrique qui deviendrait positive par une compression exercée dans la direction de cet axe (il y a un allongement dans la direction de l'axe électrique et une contraction dans la direction normale aux axes optique et électrique), les indices dans les trois directions définies par les arêtes du parallélépipède rectangle de quartz diminuent de manière que l'on ait une augmentation de biréfringence dans la direction de l'axe électrique et une diminution de biréfringence dans la direction normale aux axes optique et électrique. Tous ces phénomènes changent de signe lorsque le sens du champ électrique est renversé. Leurs grandeurs sont proportionnelles aux champs.

Ces variations de biréfringence ne sont pas simplement des effets secondaires dus aux dilatations électriques du quartz : en effet, les variations de la biréfringence par pression mécanique (1) ne sauraient les expliquer ni en grandeur ni en signe.

Il y a bien là un phénomène électro-optique ; ce phénomène est essentiellement différent du phénomène de Kerr puisqu'il dépend linéairement du champ électrique, et change de sens avec le champ. Ces caractères se manifestent dans les modifications optiques des cristaux dépourvus de centre parmi lesquels nous signalerons la tourmaline et le sel de Seignette (2).

Ces changements de propriétés optiques du quartz pourront, comme ses déformations, donner lieu à des applications.

Influence du champ magnétique sur la polarisation de la radiation de résonance du cadmium, par M. Paul Soleillet.

On connaît les intéressantes expériences de Wood et Ellett (3) sur la radiation $\lambda = 2537$ Å émise par résonance de la vapeur de mercure et l'influence remarquable des champs magnétiques faibles sur cette polarisation. Il y avait lieu de répéter ces expériences sur un métal de la même famille pour la radiation correspondante. Mac Nair vient de publier (4) quelques résultats sur le cadmium relatifs à la radiation $\lambda = 3261$ Å. Dans un champ magnétique nul (champ terrestre compensé) il a obtenu une polarisation d'à peine 35 pour 100. La pression de la vapeur était alors la pression maxima à 210°, température du point le plus froid du tube de résonance. Or j'avais observé qu'à cette pression se produit déjà de la résonance secondaire, dépolarisée sans doute, comme l'ont observé Wood et Ellett pour le mercure. Il y avait donc intérêt pour augmenter la polarisation à répéter l'expérience à une plus basse pression.

La lumière excitatrice produite par un arc à vapeur de cadmium, dans le vide, soufflé magnétiquement, se propage horizontalement. La vibration électrique est rendue verticale par un foucault. Le tube de résonance en quartz est maintenu dans sa partie éclairée à 225° tandis que son prolongement est maintenu à 170°. Le champ magnétique terrestre est compensé par du courant passant dans six bobines plates formant les faces d'un cube. Une modification des courants permet d'opérer dans un champ magnétique d'intensité et de direction arbitraires. On observe la lumière sortant à 90° du faisceau incident et dans un plan horizontal. Une lentille de quartz fait sur une plaque photographique l'image d'un diaphragme de 2 mm placé contre le tube. Entre le diaphragme et la lentille deux biprismes de Wollaston, l'un posé sur un plan horizontal, le second fixé sur un cercle gradué mobile, permettent d'obtenir quatre images du diaphragme. Quand deux de ces images sont d'égale densité, on peut déduire de l'angle que font les deux wollastons le rapport des intensités des deux faisceaux à vibration électrique horizontale et verticale à la sortie du premier wollaston et par suite la valeur

$$p = \frac{I_V - I_H}{I_V + I_H}$$

du degré de polarisation par rapport à ces directions.

Pour l'étude de la rotation du plan de polarisation, on a remplacé le diaphragme par un double prisme de Soleil en quartz droit et gauche perpendiculaire à l'axe. L'un des wollastons est supprimé. Le déplacement des franges photographiées permet d'apprécier les rotations.

Voici les résultats d'un premier examen des clichés. Les nombres sont susceptibles de retouches n'altérant pas l'ordre de grandeur :

1° Si le champ magnétique est nul, la polarisation observée est de 73 pour 100 quand la température de la paroi froide est 170°. Elle reste sensiblement la même encore à 115°. A 210°, au contraire, elle n'est plus que de 35 pour 100 conformément aux résultats de Mac Nair. L'intensité maxima est en faveur de la vibration électrique verticale.

2° Si le champ magnétique est vertical, aucune modification.

3° Si le champ magnétique est dirigé suivant la direction de propagation de la lumière excitatrice, la polarisation tombe à 50 pour 100 pour $H = 0{,}2$ gauss.

4° Si le champ magnétique est dirigé suivant la direction d'observation, la polarisation décroît vite avec le champ magnétique.

$H = 0{,}016$ gauss	$p = 50$ pour 100
$H = 0{,}055$ »	$p = 18$ »
$H = 0{,}085$ »	$p = 0$ »

p = polarisation par rapport aux directions verticale et horizontale (définie plus haut).

Dans ce cas, le plan de polarisation tourne de 0 à 45° tandis que la polarisation vraie diminue. Le sens de rotation s'inverse avec celui du champ magnétique.

Ces résultats sont qualitativement ceux obtenus pour le mercure. Toutefois la polarisation est loin d'être atteinte.

La dépolarisation sous l'influence du champ magnétique est au contraire bien plus forte que pour le mercure. Ce dernier exige plus d'un gauss pour une dépolarisation complète alors qu'un dixième est suffisant pour le cadmium. Ce phénomène paraît être le phénomène optique le plus sensible au champ magnétique connu à ce jour.

(1) Dongier, *Ann. de Physique*, 7e série, 14, 1898, p. 495.
(2) Voir Voigt, *Magneto und Electrooptik*, p. 341.
(3) Wood et Ellett, *Phys. Rev.*, 24, 1924, p. 295.
(4) Mac Nair, *Phys. Rev.* 29, 1927, p. 677.

Séance du 25 juillet 1927.

Sur une variation du magnétisme terrestre, par M. Jean-G. Popesco.

On sait que la pointe nord d'une aiguille aimantée, sur laquelle n'agit que le magnétisme terrestre, avance vers l'Ouest depuis le lever du Soleil jusque vers 14 h et rétrograde ensuite jusqu'à 22 h. L'amplitude de ces variations atteint un maximum en été et un minimum en hiver. D'autre part ces

Digitized by Google

variations sont plus grandes pendant les périodes de grande activité solaire et plus petites lorsque l'activité du Soleil est réduite. Cette correspondance de périodicité a conduit à l'hypothèse d'une relation entre le magnétisme terrestre et l'activité du Soleil.

A l'occasion de l'éclipse de Soleil du 29 juin 1927, qui a eu lieu à Bucarest entre 6 h 10 m, 85 et 8 h 7 m, 36 (phase maxima à 7 h 8 m 51), j'ai observé une variation assez curieuse du magnétisme terrestre.

L'appareil dont je me suis servi était une boussole simple, dont le cercle était divisé en degrés et demi-degrés. Cette boussole peut tourner sur un pivot pourvu d'un cercle dont chaque division vaut 20 minutes d'arc. Un vernier solidaire avec la boussole permet la lecture d'une minute.

Le soir du 28 juin, à 20 h, la pointe nord de l'aiguille marquait la division 0 du cercle de la boussole ; le 29 juin à 6 h l'aiguille marquait une légère déviation vers l'Ouest. Pendant la phase maxima de l'éclipse, l'aiguille était revenue au zéro. Au moment de la réapparition de la grande tache, visible en ce moment sur le Soleil, l'aiguille a dévié tout d'un coup, vers l'Ouest, d'environ 15 minutes d'arc. Cette déviation a diminué ensuite d'une façon normale jusqu'au soir. Aucune déviation anormale de l'aiguille aimantée n'a été observée les jours suivants.

Je n'ai pu faire de mesures précises, l'appareil dont je disposais ne s'y prêtant pas : je n'ai pas pu voir non plus si la disparition de la grande tache a été accompagnée d'une déviation de l'aiguille aimantée.

Malgré l'imperfection de cette observation, elle paraît confirmer l'hypothèse d'une influence de l'activité du Soleil sur le magnétisme terrestre : l'interposition de la Lune entre le Soleil et la Terre modifierait l'influence du premier sur le magnétisme de la dernière.

Les éclipses de Soleil sont malheureusement trop rares pour qu'on puisse faire des observations plus complètes et plus précises sur ces phénomènes.

REVUE DE LA PRESSE

MAGNÉTISME

Sur la perméabilité du fer aux hautes fréquences. (*Bulletin de la Société française de physique*, 17 juin 1927.) — M. Arkadiew et ses élèves ont signalé que la perméabilité du fer étudiée dans des champs oscillants varie dans de très larges limites et très irrégulièrement lorsqu'on change la fréquence. Ils attribuent ces variations à des phénomènes analogues à ceux qui déterminent, au voisinage des bandes d'absorption, de grandes variations de la constante diélectrique des isolants.

D'autre part M. Laville, à la suite d'études très soignées sur la propagation le long des fils, trouve une perméabilité à peu près constante.

M. Gutton et Mme Mihul ont repris des mesures en évitant les erreurs considérables que peut introduire l'usage entre les fils d'une ligne de ponts qui ne produisent qu'une réflexion incomplète.

Le principe de la méthode est le suivant : Un résonateur Blondlot est constitué par un condensateur et un rectangle en fil de cuivre. On le couple en couplage lâche, avec un oscillateur à lampe et on détermine, en mesurant avec un petit électromètre idiostatique, la différence de potentiel efficace entre les armatures du condensateur et, à l'aide d'une ligne couplée à l'oscillateur, la fréquence de ses oscillations forcées, la courbe de résonance.

On en déduit l'amortissement $\alpha = \frac{R}{2L}$.

On calcule le coefficient de self-induction L, on obtient donc la résistance R du résonateur.

On remplace une partie du fil de cuivre du résonateur par un fil de fer et on détermine le nouvel amortissement $\alpha' = \frac{R'}{2L'}$. Le coefficient de self-induction est un peu modifié, on obtient sa nouvelle valeur pour la mesure de la nouvelle longueur d'onde de résonance. La différence $R - R'$ est la différence entre les résistances en haute fréquence du fil de cuivre et du fil de fer. La formule de Stefan qui donne la résistance en haute fréquence des fils cylindriques en fonction de la conductivité et de la perméabilité permet d'obtenir la valeur de cette dernière, qui intervient dans la formule par sa racine carrée. On mesure au pont double la conductivité.

Pour deux morceaux de corde de piano de 7 cm de long. 0,85 et 1,24 mm de diamètre, les auteurs ont obtenu les résultats suivants :

Corde de 0,85 mm de diamètre :

λ cm	2 302	2 031	1 719	1 515	1 317	1 215	1 090	995	896	850	779
$\sqrt{\mu}$	8,5	8,6	8,5	8,5	8,4	8,5	8,5	8,1	8,5	8,0	8,2

Corde de 1,24 mm de diamètre.

λ cm	2 180	2 015	1 707	1 503	1 334	1 208	1 087	991	890	805
$\sqrt{\mu}$	6,9	6,9	7,1	6,9	6,8	6,7	7,0	7,0	6,9	6,9

Les écarts entre les valeurs de $\sqrt{\mu}$ ne dépassent pas les écarts expérimentaux. Les auteurs ne trouvent pas les très grandes variations indiquées par M. Arkadiew. Elles paraissent provenir d'incorrections dans l'application des méthodes de mesure. A. B.

QUESTIONS THÉORIQUES

Sur la rectification de contact. (*Bulletin de la Société française de pyhsique*, 17 juin 1927.) — Si l'on développe la résistance r d'un contact imparfait suivant une série de Mac-Laurin et qu'on néglige les termes en i d'ordre supérieur au premier, on a :

$$r = r_0 + Ki \quad (1) \qquad \text{avec } K = \left[\frac{dr}{di}\right]_0.$$

On peut appeler r_0 la résistance à courant nul du contact et K son pouvoir détecteur.

Cela posé, si l'on monte le détecteur en série avec un galvanomètre de résistance g, et qu'on applique au système une différence de potentiel sinusoïdale d'amplitude U, le calcul montre que le courant rectifié I_m a pour valeur :

$$I_m = -\frac{k\,U^2_{\text{eff}}}{(g + r_0)^5} \qquad (2)$$

en supposant négligeable la self du galvanomètre.

On retrouve le résultat classique de Tissot (I_m proportionnel à U^2). On voit de plus que I_m est inversement proportionnel au cube de la résistance totale. Les expériences de M. Cayrel sur la galène ont vérifié ce dernier point avec une précision supérieure au $\frac{1}{100}$.

Les deux paramètres caractéristiques du contact détecteur k et r_0 n'étant pas indépendants, il importe de connaître la relation qui les unit pour déduire de (2) les meilleures conditions d'utilisation du détecteur.

L'auteur avait indiqué, dès 1924, à la suite d'essais très sommaires, la probabilité d'une relation du type :

$$\frac{k}{r_0^2} = \text{C}^{\text{te}}.$$

L'existence de cette relation est vérifiée par les expériences rapportées ci-après.

Dans une première série de mesures, r_0 et K étaient déter-

Digitized by Google

minés en régime permanent au pont de Wheatstone. On mesurait les deux résistances r_1 et r_2 d'un contact argent-galène pour les deux sens du courant et on en déduisait r_0 et K par les relations :

$$r_0 = \frac{r_1 + r_2}{2}, \qquad K = \frac{r_1 - r_2}{2i}.$$

Comme il est à peu près impossible d'étudier sur un même « point » de galène les variations de K en fonction de r_0, on déterminait, pour chaque valeur de r_0, la moyenne des valeurs de K correspondant à dix « points » différents. On amenait la résistance r_0 à la valeur voulue en modifiant progressivement la pression du fil d'argent sur le cristal. Tant pour la commodité des mesures que pour ne pas sortir des limites où la formule (1) est applicable, au lieu d'opérer à courant constant, on maintenait constant le produit $r_0 i$, en sorte que la loi $\frac{K}{r_0^2} = \text{C}^{te}$ devait se traduire par la condition $\frac{r_1 - r_2}{r_0} = \text{C}^{te}$.

Voici les résultats d'une série de mesures :

$i = 2.10^{-5}$ A ; $r_0 = 500\ \omega$; $r_1 - r_2 = 68\ \omega$; $\frac{r_1 - r_2}{r_0} = 1,36.10^{-1}$.

$i = 10^{-5}$ A ; $r_0 = 1000\ \omega$ $r_1 - r_2 = 135\ \omega$; $\frac{r_1 - r_2}{r_0} = 1,35.10^{-1}$.

$i = 0,5.10^{-5}$ A ; $r_0 = 2000\ \omega$ $r_1 - r_2 = 260\ \omega$; $\frac{r_1 - r_2}{r_0} = 1,30.10^{-1}$.

$i = 0,2.10^{-5}$ A ; $r_0 = 5000\ \omega$ $r_1 - r_2 = 720\ \omega$; $\frac{r_1 - r_2}{r_0} = 1,44.10^{-1}$.

D'autres mesures où k était déterminé en régime variable à l'aide de la formule (2) ont également confirmé la loi $\frac{k}{r_0^2} = \text{C}^{te}$.

La valeur moyenne du quotient $\sigma = \frac{k}{r_0^2}$ est donc une grandeur réellement caractéristique du contact, aussi proposons-nous de l'appeler *sensibilité moyenne*. Chez les meilleures galènes que l'auteur a rencontrées, σ_m atteignait environ 12 u. p. e. m., (σ a pour dimensions V^{-1}).

M. Cayrel montre maintenant la généralité de la loi $\frac{k}{r_0^2} = \text{C}^{te}$ en établissant théoriquement sa nécessité.

Considérons un système de n contacts détecteurs identiques montés en parallèle. Soit $r = r_0 + ki$ la résistance de l'un de ces contacts lorsqu'il est traversé par le courant i. Soit I le courant total et $R = R_0 + KI$ la résistance du contact unique équivalent au système.

On a, pour chacun des détecteurs du système :

$$r = r_0 + k\frac{I}{n} \qquad \text{et} \qquad R = \frac{r}{n} = \frac{r_0}{n} + k\frac{I}{n^2}.$$

On en déduit :

$$R_0 = \frac{r_0}{n} \qquad \text{et} \qquad K = \frac{k}{n^2}$$

d'où

$$\frac{K}{R_0^2} = \text{C}^{te}.$$

La loi $\frac{\left[\frac{dr}{di}\right]_0}{r_0^2} = \text{C}^{te}$ est donc une loi *générale* des résistances de contact r dont le développement de Mac-Laurin comporte un terme en i.

Rapprochée de la démonstration précédente, la vérification expérimentale de la relation $\frac{k}{r_0^2}$ C^{te} semble favorable aux idées de Holm sur les résistances de contact, puisqu'elle montre qu'une diminution de r_0 obtenue par augmentation de pression est tout à fait équivalente à une diminution de r_0 obtenue par augmentation de surface. Il est donc permis de supposer que l'augmentation de pression n'a d'autre effet que de multiplier les zones microscopiques de contact effectif dont cet auteur suppose l'existence.

Pour terminer, revenons à la formule (2) et cherchons la valeur de r_0 qui, pour une valeur donnée de g rend I_m maximum. En remplaçant k par σr_0^2 dans (2) et en annulant $\frac{\partial I_m}{\partial r_0}$ on obtient la condition :

$$r_0 = 2g.$$

La résistance du contact doit être double de celle du galvanomètre. A. B.

Sur les oscillations de Barkhausen. (*Bulletin de la Société française de physique*, 17 juin 1927.) — Les ondes entretenues ultra-courtes de longueur inférieure au mètre ne peuvent être obtenues facilement avec des lampes triodes actuelles et les oscillateurs normaux (plaques chargées positivement), même en employant les montages spéciaux pour ondes courtes.

M. Piernet a déjà signalé un moyen de produire des ondes très courtes en recherchant les harmoniques d'ondes de 1,20 m à 4 m. Les ondes les plus courtes qu'il ait pu ainsi déceler mesuraient 21 cm, mais leur puissance était très faible; tous les essais tentés jusqu'ici pour les isoler et les amplifier n'ont pas donné de résultats satisfaisants.

L'auteur a alors cherché, en vue d'études sur la propagation, à utiliser les oscillations de Barkhausen, oscillations de longueur d'onde très courte qui se produisent dans les triodes à électrodes cylindriques, dont la grille est chargée positivement, la plaque étant portée à un potentiel négatif, nul, ou positif, mais suffisamment inférieur à celui de la grille. Son but était de trouver un oscillateur stable et assez puissant.

L'auteur a essayé divers montages à une lampe (type Gill et Morrell), puis un dispositif à deux lampes couplées en parallèle (type Scheibe-Grechowa). Les lampes qui ont donné les meilleurs résultats sont les lampes « Fotos » et les lampes Mesny (T. M. C.); ces dernières ayant un filament plus gros produisent une émission électronique plus intense. Les expériences ont confirmé la plupart des observations déjà formulées par d'autres auteurs. Avec ces lampes et les dispositifs utilisés, il a été possible d'obtenir des oscillations assez intenses, sans employer des tensions de grille trop fortes ni un chauffage exagéré, nuisibles à la stabilité des oscillations et à la durée des lampes.

Dans une ligne faiblement couplée à l'oscillateur, l'auteur a obtenu des courants de résonance produisant le même échauffement de la soudure thermoélectrique qu'un courant continu de 0,1 A.

Au cours des expériences, certaines anomalies ont été observées :

1° Des lampes de même fabrication placées sur le même oscillateur, et dans les mêmes conditions, n'oscillent pas avec la même facilité; certaines mêmes n'oscillent pas.

2° Lorsqu'on couple deux lampes en parallèle, il arrive que l'une d'elles, qui se trouve dans les meilleures conditions, commande l'oscillation; la deuxième lampe subit une oscillation forcée; on peut diminuer son chauffage, l'éteindre ou le remplacer par un condensateur de faible capacité sans que la longueur d'onde varie sensiblement; seules, l'intensité du courant de plaque et celle du courant oscillant changent; il est à remarquer que la puissance obtenue avec deux lampes est beaucoup plus grande que le double de la puissance fournie par une lampe seule.

3° Si deux lampes sont telles que, seules, elles donnent des courants oscillants de même puissance, mais de fréquences légèrement différentes, ces deux lampes mises en parallèle

Digitized by Google

peuvent osciller sur une fréquence plus élevée que la plus grande de leurs fréquences propres.

4° Avec une des lampes utilisées l'auteur a trouvé des ondes de 18 cm, ne correspondant pas à un harmonique de l'onde normale; en déplaçant le pont du circuit de plaque de l'appareil, on observait deux maxima; pour l'un, la demi-longueur d'onde mesurée était de 21,1 cm; pour l'autre, elle était de 9 cm; parconséquent, suivant les conditions imposées par le circuit extérieur, l'une ou l'autre des lampes déterminait la fréquence de l'oscillation.

5° D'autres lampes n'oscillaient qu'après un certain temps de chauffage; le refroidissement faisait disparaître les oscillations. Ce phénomène semble pouvoir être expliqué par la présence d'ions positifs provenant de traces de gaz dégagés par la grille portée au rouge (Kapzov.)

Une étude approfondie de ces anomalies pourra conduire, d'une part à la production d'ondes plus courtes, d'autre part à une explication plus complète des phénomènes de Barkhausen. A. B.

Sur l'effet Volta. (*Bulletin de la Société française de physique*, 1er juillet 1927.) — M. E. Dubois s'est proposé de rechercher les variations de l'effet Volta résultant du chauffage dans le vide d'une des deux électrodes en présence. Il a trouvé, en opérant sur huit métaux différents, la loi suivante que l'on peut considérer comme générale. Si l'on chauffe un métal dans le vide, on constate, après refroidissement, que le chauffage l'a rendu électronégatif, pourvu que ce chauffage ait été suffisamment prolongé et effectué à température suffisamment élevée. Les variations de l'effet Volta observées sont de l'ordre du volt. L'interprétation de ce résultat est encore difficile. Il semble bien que ces variations soient dues à la disparition, sous l'action du chauffage, de certaines impuretés communes à tous les métaux.

L'auteur s'est proposé de faire réagir systématiquement sur les métaux les diverses impuretés qui s'y trouvent normalement : gaz occlus, impuretés salines, et de mesurer les variations de l'effet Volta qui en résultent. Voici les premiers résultats obtenus :

1° Si l'on chauffe un métal dans l'air atmosphérique, il devient très rapidement électronégatif comme après chauffage dans le vide. L'oxydabilité plus ou moins grande du métal n'intervient pas.

2° Si l'on distille un chlorure alcalin, tel que le chlorure de potassium, sur un métal rendu électronégatif par chauffage, le métal devient fortement électropositif. Le fait qu'un métal devient électronégatif par chauffage peut donc être en partie attribué aux impuretés salines qui existent toujours à la surface des métaux.

L'auteur montre ensuite comment on peut se représenter la distribution des potentiels dans un système de deux électrodes en présence l'une de l'autre : il y a à la surface de chaque métal une variation brusque de potentiel que l'on peut imaginer produite par une double couche électrisée. La face négative de cette double couche est contre le métal. C'est la disparition de cette double couche sous l'action du chauffage qui produit les variations de l'effet Volta observées.

Cette hypothèse est en accord avec une conséquence de la formule d'Einstein relative à l'effet photoélectrique : la fréquence minima ν_0, au-dessous de laquelle un métal n'est plus photoélectrique, est proportionnelle au travail p qu'un électron doit fournir pour sortir du métal. Or la double couche imaginée est accélératrice vis-à-vis d'un électron émergeant du métal. Sa disparition doit donc augmenter p et par suite ν_0. Des expériences récentes ont montré précisément que, si l'on chauffe un métal dans le vide, la fréquence lumineuse minima nécessaire pour le rendre photoélectrique augmente. A. B.

DOCUMENTS OFFICIELS

CIRCULAIRE DU 30 AVRIL 1927

DÉTERMINANT

LES CONDITIONS TECHNIQUES

AUXQUELLES DOIVENT SATISFAIRE

LES DISTRIBUTIONS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

(*Journal Officiel du 25 Juillet 1927.*)

TITRE PREMIER

DISPOSITIONS APPLICABLES AUX OUVRAGES DE DISTRIBUTION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE(1)

Le titre Ier concernant les dispositions applicables aux ouvrages de distribution (et d'alimentation ainsi qu'il est dit au préambule) comporte cinq chapitres, savoir :

Chapitre I. — Classement des ouvrages et prescriptions générales relatives à la sécurité.

Chapitre II. — Dispositions communes aux trois catégories (l'article classe, en effet, désormais les ouvrages en trois catégories au lieu de deux).

Chapitre III. — Dispositions spéciales aux ouvrages de première catégorie.

Chapitre IV. — Dispositions spéciales aux ouvrages de deuxième catégorie.

Chapitre V. — Dispositions spéciales aux ouvrages de troisième catégorie.

Cette nouvelle répartition des matières entre les chapitres, qui sont eux-mêmes divisés en sections, facilitera la consultation de l'arrêté.

CHAPITRE I

Classement des ouvrages et prescriptions générales relatives à la sécurité.

Le chapitre Ier contient les dispositions techniques générales applicables à tous les systèmes de distribution; il donne lieu aux observations suivantes :

Art. 1er. — Les installations sont classées en trois catégories suivant la plus grande tension de régime existant entre les conducteurs et la terre, ou, dans les distributions triphasées, entre les conducteurs et le point neutre, que ce point neutre soit, ou non, effectivement mis au sol. Il est rappelé à ce sujet que, si le point neutre d'une distribution triphasée, dont la tension entre phases est U^{eff} n'est pas matérialisé, la tension par rapport au point neutre, qui sert de base pour définir la catégorie de la distribution, a pour valeur

$$\frac{U^{eff}}{\sqrt{3}}$$

La répartition de la première catégorie en deux subdivisions B_1 et B_2 en cas de courant alternatif a été maintenue en raison du fait que les installations de la subdivision B_2 dans les immeubles doivent être exécutées avec plus de soins encore que celle de la subdivision B_1; bien que ces installations ne soient pas directement réglementées par le présent arrêté, les services de contrôle peuvent avoir à en connaître en vertu

(1) Voy. *L'Industrie électrique* du 25 août 1927, page 385, 10 septembre 1927, page 403 et du 25 septembre 1927, page 429.

Digitized by Google

des dispositions de l'article 19 des cahiers des charges de concessions conformes au type.

Il importe d'ailleurs de ne pas perdre de vue que les ouvrages de deuxième et de troisième catégories ne sont pas les seuls qui puissent présenter des dangers; les limites indiquées pour la tension maximum de première catégorie correspondant aux installations usuelles, où les accidents se produisent le plus rarement, mais il a été constaté que, dans certaines circonstances, des courants dont la tension est très inférieure à la limite adoptée, ont occasionné des électrocutions. Vous aurez à tenir compte de ce fait dans l'étude des installations de première catégorie.

La troisième catégorie comprend tous les ouvrages dont les tensions rentrent dans celles de l'ancienne division II de deuxième catégorie. Les dispositions de l'arrêté prennent ainsi une plus grande netteté.

CHAPITRE II

Dispositions communes aux trois catégories.

SECTION I

Supports, canalisations aériennes.

Art. 3. — Les conditions exigées à l'article 6 pour la résistance mécanique des ouvrages donneraient, en ce qui concerne les supports en bois, une sécurité illusoire si leur implantation dans le sol n'était pas faite avec précaution, notamment à une profondeur suffisante corrélative de leur hauteur.

Art. 4. — Les essais des isolateurs ne peuvent être pratiquement faits sur une ligne établie; conformément à la pratique courante de l'industrie, les isolateurs seront essayés à l'usine avant livraison; le service de contrôle pourra exiger la production du procès-verbal des essais.

Les essais des isolateurs nécessitant des prescriptions assez longues et d'ailleurs modifiables suivant les progrès de la construction, il y aura avantage pour les services de contrôle à se guider sur les règles d'essais établies par les syndicats professionnels intéressés lorsqu'ils auront à apprécier les procès-verbaux d'essais en usine qui leur seront communiqués.

Art. 5. — Il peut être utile de rappeler, pour éviter les divergences éventuelles d'interprétation, que la section d'un câble est la somme des sections droites des brins qui la composent.

L'arrêté du 30 avril 1924 avait déjà réduit à 15 degrés, pour les lignes, l'angle minimum pour la traversée des routes (§ 3), afin de réduire l'angle de la brisure dans la direction générale de la ligne. Cette brisure constitue, en effet, malgré la consolidation des supports, un point faible dans les canalisations et la diminution de la sécurité qui en résulte l'emporte, tant que l'angle de la traversée de devient pas très faible, sur l'avantage qu'il peut y avoir à réduire la longueur de conducteurs dominant la voie publique. En outre, l'emploi d'alignements droits permet, en général, de réduire le nombre des appuis. Aussi le présent arrêté maintient-il ces dispositions.

Les épissures et soudures, interdites (§ 4) dans la traversée des voies publiques désignées au paragraphe 3 et dans les portées contiguës, peuvent être autorisées à titre provisoire comme moyen de réparation. Cette interdiction ne s'oppose pas à ce qu'il soit fait usage, dans les portées contiguës à la traversée, de manchons de jonction présentant une résistance mécanique au moins égale à celle du conducteur.

Dans les lignes à supports en bois, la disposition qui consiste à compenser la traction des conducteurs sur un poteau d'angle ou sur le dernier poteau de la portée extrême par un hauban, constitué par un fil attaché à la partie supérieure du poteau et ancré dans le sol au moyen d'un piquet implanté suivant la bissectrice de l'angle ou dans le prolongement de la portée terminus, est dangereuse lorsque le hauban vient à être rendu libre fortuitement par le désancrage du piquet en raison des déplacements qu'il subit alors sous l'action du vent et par le fait des passants. Elle l'est surtout lorsque le point d'attache du hauban est au-dessus des conducteurs, les risques de contact du hauban avec un conducteur étant très grands dans ce cas et son électrisation devant presque fatalement se produire. Aussi, bien que l'arrêté n'interdise pas le haubannage, qui peut être motivé dans certains cas exceptionnels, vous voudrez bien en réduire l'emploi le plus possible, et, quand vous l'autoriserez, veillez à ce que le point d'attache du haubannage soit toujours au-dessous des conducteurs.

Art. 6. — L'article 6 définit les conditions dans lesquelles doivent être calculées les dimensions des conducteurs, supports et ferrures des ouvrages de distribution.

Il y a lieu de tenir compte dans ce calcul, non seulement des charges permanentes que les organes ont à supporter, mais aussi des charges accidentelles qui peuvent se produire sous l'action du vent. Ces charges accidentelles peuvent d'ailleurs varier suivant la température. Par les temps froids, la flèche des conducteurs diminue, ce qui est défavorable à la sécurité; mais par contre, en général, dans ces circonstances, la violence du vent n'atteint pas le maximum constaté avec des températures moyennes. Il conviendra de faire le calcul dans les deux hypothèses et de retenir le résultat trouvé dans le cas le plus défavorable.

Pour les pylônes en treillis, la pression du vent sera prise entière sur la première face frappée et réduite pour la face arrière. La formule de réduction à employer sera celle des règlements ministériels en vigueur pour le calcul des ponts métalliques.

Il n'y a pas lieu, dans la plupart des cas, d'envisager l'hypothèse d'une couche de verglas recouvrant les conducteurs, cette couche se produisant plus rarement sur les conducteurs d'énergie que sur les lignes de télécommunication en raison de la chaleur développée par le passage du même courant. Toutefois, il peut, dans certaines régions, par exemple en pays de montagne, se produire des dépôts de verglas sur les conducteurs; dans ces cas spéciaux, il y aura lieu d'en tenir compte dans les calculs justificatifs.

En outre, il a paru nécessaire de préciser dans un deuxième paragraphe que, dans le cas où les supports sont munis de maçonnerie de fondation, ces fondations sont établies suivant les règles de l'art.

Cette addition a pour but d'éviter qu'on puisse interpréter les dispositions des paragraphes précédents comme nécessitant l'emploi de maçonneries de fondations pour les supports, alors qu'elles peuvent être inutiles, et, d'autre part, qu'on exige pour ces maçonneries, lorsqu'elles existent, des coefficients de sécurité rigidement déterminés, qui n'apparaissent pas comme indispensables ou des matériaux de qualité exceptionnelle.

SECTION II

Canalisations souterraines.

Art. 7. — L'armure métallique d'un câble souterrain peut suffire comme protection mécanique de celui-ci; mais les câbles souterrains ne sont pas nécessairement des câbles armés; le paragraphe 2 prévoit, dans ce cas, la nécessité d'une protection mécanique.

Les câbles souterrains doivent être des meilleurs modèles connus, comportant une chemise de plomb sans soudure. Il est à peine besoin de signaler que cette disposition a pour but de préciser le système suivant lequel est établie la chemise de plomb, mais non de spécifier qu'il ne devra y avoir trace d'aucune soudure sur cette chemise; en particulier, les re-

Digitized by Google

prises de presse ne peuvent être toujours évitées dans la fabrication et ne sauraient être interdites.

Section V

Dispositions spéciales applicables à la traversée des cours d'eau et des canaux de navigation.

La section V détermine les conditions spéciales auxquelles doivent satisfaire les ouvrages à la traversée des cours d'eau et des canaux de navigation.

Aucune disposition spéciale n'a été prévue pour le cas où les conducteurs traversent la voie d'eau au-dessus d'un passage supérieur; il est bien évident que les conditions spéciales exigées par l'existence de la voie d'eau ne s'appliquent pas en pareil cas.

Il va de soi que sur certains cours d'eau fréquentés par des bâtiments de mer, le service du contrôle aura à imposer pour les traversées, les conditions spéciales nécessaires dans l'intérêt de la navigation et de la sécurité.

Section VI

Dispositions spéciales applicables à la traversée et au voisinage des lignes d'énergie électriques ou des conduites d'eau, de gaz ou d'air comprimé.

Art. 22, § 1er. — L'installation sur les mêmes poteaux ou pylônes de lignes de 1re catégorie et de lignes de 2e et 3e catégories n'est pas interdite; mais ce dispositif ne pourra être admis que si l'impossibilité d'employer des supports différents est reconnue par le service du contrôle, et jamais sans qu'interviennent d'autres raisons que l'économie.

Il y a lieu de remarquer, en ce qui concerne l'application de la disposition générale du paragraphe 2, qu'il est nécessaire que la distance à laquelle peut arriver l'appareil de prise de courant ne soit pas inutilement augmentée en cours d'exploitation par le concessionnaire de la voie ferrée.

Section VII

Dispositions spéciales applicables à la traversée des lignes de chemins de fer.

Il importe de ne pas perdre de vue que les dispositions prescrites ne concernent pas les traversées de voies ferrées énoncées dans le renvoi en note au titre de la section VII, qui ne constituent pas les traversées de chemins de fer visées par la présente section.

En outre, il est rappelé qu'une canalisation souterraine, empruntant la voie publique pour traverser un chemin de fer sous un passage inférieur sans intéresser les ouvrages du chemin de fer, peut être établie sans intervention du service de contrôle du chemin de fer et sans arrêté spécial d'autorisation pour la traversée.

Toutefois, avant d'entreprendre les travaux de terrassement aux abords de l'ouvrage, il conviendra d'en donner avis aux représentants de l'administration exploitant le chemin de fer.

Division I

Traversée des lignes de chemins de fer des grands réseaux d'intérêt général.

Art. 25. — Les passages à niveau ne sont pas classés parmi les points qui doivent être choisis de préférence pour la traversée des chemins de fer; la traversée aux passages à niveau crée, en effet, un risque pour la circulation publique. Il peut être avantageux, toutefois, au lieu d'établir une traversée en pleine voie, de la placer à proximité d'un passage à niveau pour qu'elle puisse être surveillée par la garde-barrière. Mais ce n'est pas là une obligation; il appartient aux services de contrôle d'adopter la solution la plus conforme aux intérêts en présence.

Art. 26 et 27. — Il n'a pas paru nécessaire de fixer une limite pour la densité maximum du courant dans les canalisations aériennes et souterraines. Les nécessités industrielles obligent, en effet, les intéressés à adopter des densités de courant bien inférieures à celles qui pourraient compromettre la sécurité.

Art. 26, § 4. — Il y a lieu de noter que des isolateurs ne sont pas compris dans les organes de supports visés au présent paragraphe.

Les maçonneries de fondations qui, d'après l'article 6, paragraphe 2, doivent être établies conformément aux règles de l'art, se trouvent définies par la nécessité de satisfaire aux coefficients de stabilité fixés par l'arrêté.

Enfin, il est spécifié que les coefficients de stabilité ne seront pas exigés pour les appuis scellés dans le rocher.

Art. 26, § 5. — Ce paragraphe vise les distributions qui traversent ou empruntent les lignes de chemins de fer d'intérêt général et prescrit des vérifications périodiques de ces installations.

Ces vérifications devront faire l'objet de procès-verbaux, mais il ne paraît pas utile d'établir à cet effet un modèle spécial et uniforme. Les constatations faites varieront évidemment, suivant les cas, de telle sorte qu'il vaut mieux laisser au service de contrôle le soin de rédiger le procès-verbal à son gré.

Division II

Traversée des lignes de chemins de fer des réseaux secondaires d'intérêt général et des réseaux d'intérêt local.

Art. 28. — Les dispositions spéciales aux traversées par les canalisations des diverses catégories seront reprises dans les chapitres suivants.

Section VIII

Protection des lignes de télécommunication.

Le paragraphe 3 de l'article 29 précise certaines précautions supplémentaires dans le cas où une ligne de distribution croise simultanément, dans la même portée, une ligne de contact et des fils de télécommunication. Ces précautions supplémentaires ne devront d'ailleurs être employées que s'il n'est pas possible de supprimer ces doubles croisements, par exemple en plaçant un appui intermédiaire.

Quand les lignes de télécommunication ne peuvent être placées au-dessous des conducteurs d'énergie, il convient de les consolider, s'il y a lieu, pour éviter leur rupture, indépendamment du dispositif de garde solidement établi entre les deux sortes de conducteurs. Au sujet de ce dispositif de garde, je vous rappelle qu'il convient de renoncer d'une façon définitives aux baguettes de protection en bois placées sur le fil de contact; ce système de protection ne devra donc pas être admis pour les installations nouvelles; pour les anciennes, où il est encore en usage, son emploi devra être abandonné progressivement, au fur et à mesure de la mise hors service des dispositifs existants.

Section IX

Entretien des ouvrages.

Art. 31. — Il est rappelé que les conditions d'application de l'article 31, relatif à l'élagage des plantations ont été précisées par la circulaire du 1er septembre 1909, à laquelle il y a lieu de se référer. Il importe de faciliter le plus possible l'exécution des élagages en raison des nombreuses interruptions de service dont la cause est uniquement attribuable à des branches d'arbres.

Digitized by Google

CHAPITRE III

Dispositions spéciales aux ouvrages de première catégorie.

Art. 33. — La mise au sol du point neutre et du conducteur neutre, s'il y en a un, dans les distributions triphasées de première catégorie en étoile, devient obligatoire dans la subdivision B, en vue d'améliorer la sécurité des installations de cette subdivision au cas où il se produirait un mélange avec une installation de catégorie supérieure, soit dans une canalisation, soit dans un transformateur ou tout autre appareil.

Ces mises au sol devront être, de préférence, effectuée en plusieurs points pour assurer en permanence une bonne communication.

Art. 34. — L'arrêté précise la nature des voies publiques pour lesquelles il y a lieu de rapprocher les supports autant que possible, les services de contrôle conservant d'ailleurs une certaine latitude pour l'application de cette formule en s'inspirant des conditions locales. Les dispositions prévues pour les routes nationales ou départementales, les chemins de grande communication ou d'intérêt commun sont applicables aux rues des villes ou villages qui bénéficient d'un de ces classements; il y aura lieu également de les appliquer aux voies urbaines dont la fréquentation sera particulièrement intense. Au surplus, il suffira, dans un grand nombre de cas, que l'un des appuis de la travèrsée soit au voisinage immédiat de la voie publique.

Art. 35. — Le point le plus bas des conducteurs est maintenu à 6 mètres le long et à la traversée des voies publiques pour les distributions de première catégorie, mais à la condition que le minimum prescrit soit observé strictement, même pendant les plus grandes chaleurs de l'été (§ 1er).

Il n'est fait d'exception que dans deux cas :

1° A la traversée des ouvrages construits au-dessus des voies publiques, où une hauteur inférieure à 6 mètres peut être admise, pourvu que la sécurité soit assurée par un dispositif spécial de protection, mais sans que la hauteur libre de 4 m 50 à réserver au-dessus de la chaussée puisse être diminuée;

2° Le long et à la traversée des chemins ou parties de chemins qui ne peuvent en aucun cas être accessibles aux véhicules et sur lesquels, en raison de cette circonstance, les canalisations sont simplement tenues d'être, en vertu du paragraphe 1er de l'article 5, hors de la portée du public.

Dans les parties en courbe des voies publiques, les poteaux ou pylônes devront être plus rapprochés que dans les alignements droits pour diminuer l'empiètement en projection horizontale des conducteurs sur la voie publique; il importe d'éviter des contacts possibles avec des chargements élevés.

Les croquis ci-après (fig. 1) traduisent les dispositions à adopter pour les conducteurs au voisinage d'un toit en pente et d'un toit en terrasse.

Section IV

Dispositions spéciales applicables à la traversée des lignes de chemins de fer.

Division I

Traversée des lignes de chemins de fer des grands réseaux d'intérêt général.

Art. 38. — L'article 38 précise que les appareils de coupure ne doivent pas nécessairement être établis dans le voisinage immédiat de la traversée; il suffit que l'installation soit faite de manière qu'il soit possible de couper facilement le courant dans la traversée, en évitant tout retour de courant.

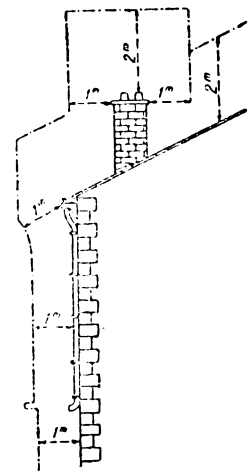
Art. 39, § 1er. — Le texte vise les cas particuliers, notamment celui des abords des gares, où il peut y avoir un grand nombre de voies à traverser. Dans ce cas, il y a intérêt, au point de vue de la sécurité, à avoir un ou même, s'il y a lieu, plusieurs supports intermédiaires.

Art. 39, § 3. — Le comité d'électricité estime qu'il n'y a pas lieu d'imposer un dispositif de protection d'une manière exclusive. Il a reconnu qu'il existe un grand nombre de dispositifs satisfaisants permettant de doubler les conducteurs soit dans toute la portée de la traversée, soit au droit des isolateurs seulement. Il a donc estimé qu'il y avait lieu d'en signaler quelques-uns à titre d'exemple sans en imposer aucun.

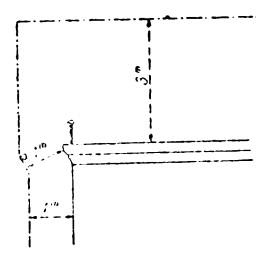
Une planche schématique (fig. 2) avec légende donne les explications nécessaires sur six dispositifs qui ont paru présenter une bonne garantie au point de vue de la sécurité.

1re et 2e catégorie

TOIT EN PENTE



TOIT EN TERRASSE



TOIT A LA MANSARD

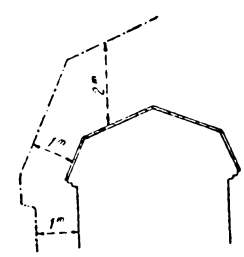


Fig. 1

Section IV

Protection des lignes de télécommunication.

Art. 42, § 2. — Les points d'appui des conducteurs de distributions doivent être assez rapprochés l'un de l'autre, de part et d'autre du croisement, pour qu'il n'y ait pas de flottement important de ces conducteurs.

Les branchements constitués au moyen de conducteurs isolés sont assujettis aux mêmes conditions que les branchements en conducteurs nus aux traversées et dans le voisinage des lignes de télécommunication.

CHAPITRE IV

Dispositions spéciales aux ouvrages de deuxième catégorie.

La mise au sol du point neutre des canalisations de deuxième catégorie n'est pas rendue obligatoire par l'arrêté.

Section I

Supports. — Canalisations aériennes.

Art. 45. — Dans les distributions de deuxième catégorie les pylônes et poteaux métalliques et en béton armé devront être mis en communication avec le sol. Pour que cette protection soit suffisante en cas de chute de conducteur, vous aurez à exercer une surveillance minutieuse sur les conditions de cette mise au sol des supports. Je vous signale, parmi les dispositifs susceptibles d'être parfois appliqués avantageusement, celui qui consiste à relier les pylônes par un fil supérieur et à ne mettre en communication directe avec le sol que ceux d'entre eux pour lesquels il est possible de trouver une bonne terre.

En ce qui concerne les pylônes et poteaux en béton armé,

Digitized by Google

ce sont les supports d'isolateurs seuls que l'arrêté prescrit de relier au sol.

En ce qui concerne l'application du paragraphe 2, les deux dispositifs suivants peuvent être notamment employés pour

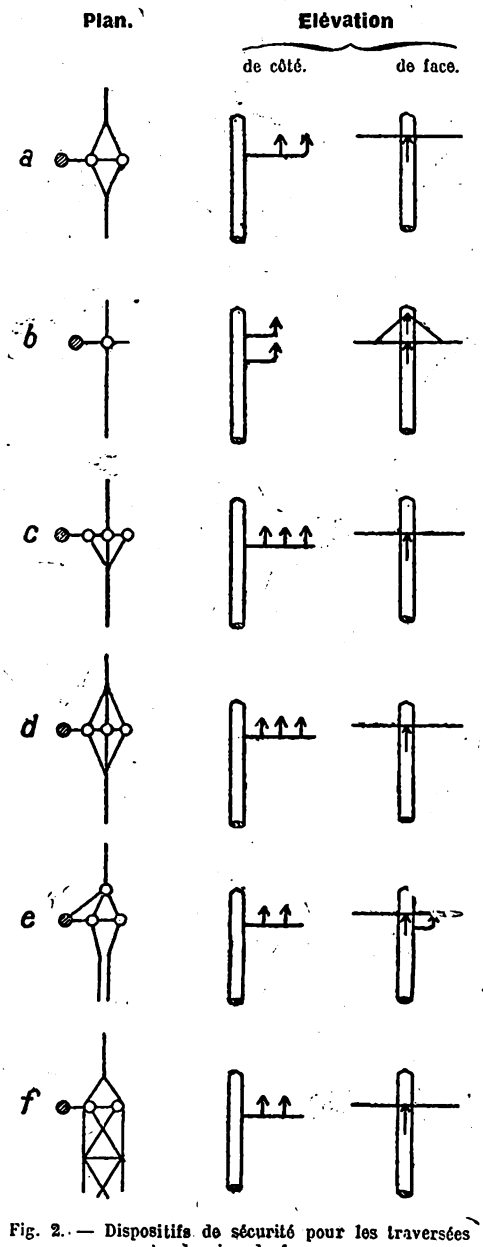


Fig. 2. — Dispositifs de sécurité pour les traversées de chemins de fer.

a) Deux isolateurs placés à la même hauteur et à côté l'un de l'autre, sur chaque support de la traversée. Le fil de ligne passe sur un des isolateurs. Un fil court est fixé à l'autre isolateur et relié au fil de ligne par deux ligatures soignées de part et d'autre de l'autre isolateur. De cette manière, le fil de ligne et son isolateur d'une part, le fil court et le deuxième isolateur d'autre part, travaillent en parallèle.

b) Même dispositif, mais avec l'isolateur n° 2 placé au-dessus et non à côté de l'isolateur n° 1. Ce deuxième isolateur devrait être d'un type plus résistant et éprouvé au double de la tension des isolateurs normaux de la ligne.

c) Avec trois isolateurs sur chaque support de la traversée. Les trois isolateurs sont placés à la même hauteur et à côté l'un de l'autre, dans le sens perpendiculaire au fil de ligne. L'isolateur du milieu supporte le fil de ligne qui est interrompu.

A droite, un fil court, fixé d'une part à l'isolateur de droite, d'autre part au fil de ligne par une ligature faite du côté de la traversée. A gauche un deuxième fil court fixé de même à l'isolateur de gauche et au fil de ligne.

d) Même dispositif, mais chaque fil court est fixé avec fil de ligne par deux ligatures, l'une du côté traversée, l'autre sur la portée contiguë, de façon à équilibrer la traction sur chaque isolateur.

e) Trois isolateurs en triangle horizontal, le sommet du côté opposé à la traversée.

Le câble de la ligne est fixé sur chaque support à deux de ces isolateurs en série. Un deuxième câble, dit câble porteur, de mêmes sections et métal que le câble de ligne, le double dans la traversée. Ce câble porteur est ligaturé au câble de ligne, juste avant le support de la traversée, s'attache à l'isolateur de ligne placé du côté opposé à la traversée, s'attache ensuite à un isolateur spécial à ce câble, puis rejoint le câble de ligne auquel il est jonctionné tous les mètres.

La tension de chacun des deux câbles qui constituent la traversée est moitié de la tension du câble opposé à la traversée de manière à équilibrer les efforts sur le support.

Sur toute la longueur de la traversée, les jonctions sont de simples ligatures en fil de bronze, mais aux deux extrémités avant d'arriver aux supports, les deux câbles sont réunis par un joint spécial.

Ils sont également réunis par un joint spécial en dehors du support du côté opposé à la traversée.

f) Chaque conducteur est remplacé par un système de deux conducteurs câblés, fixés chacun sur un isolateur. Les deux conducteurs sont dans un même plan horizontal; ils sont reliés par des fils transversaux et diagonaux torsadés.

Si l'un des deux conducteurs vient à se rompre, il tombe et pend dans un plan vertical, toujours retenu cependant par les fils transversaux et diagonaux. L'aspect de ceux-ci est modifié, le service de la voie s'en aperçoit et fait le nécessaire.

empêcher, dans la mesure du possible, le public d'atteindre les conducteurs.

1° Fil de fer barbelé enveloppant le support dans le cas de poteaux en bois ou en ciment armé et les montants en fer dans le cas de pylônes métalliques, le fil de fer étant placé à partir de 2 mètres du sol, sur une hauteur d'un mètre, sur laquelle il y aura dix tours de ronce en fil d'au moins deux millimètres de diamètre avec picots espacés de 60 millimètres;

2° Herses à piquants rigides entourant les supports. L'emploi des herses en tôle découpée dont on a rabattu certaines parties ne sera autorisé que si la tôle est assez rigide pour qu'on ne puisse pas rabattre les piquants à la main.

Le dispositif empêchant l'ascension par l'intérieur pourra être, par exemple, un croisillon horizontal ou oblique.

Il convient de remarquer qu'aucun dispositif ne réussira à empêcher d'une manière absolue quelqu'un qui veut monter au poteau d'y parvenir. Ce n'est que par l'éducation du public, qui peut être obtenue surtout dans les écoles, qu'on pourra diminuer ces tentatives.

Les supports des installations de deuxième catégorie devront porter l'inscription : « Danger de mort », après les mots : « Défense absolue de toucher aux fils, même tombés à terre », afin qu'il apparaisse clairement aux yeux de tous que, si le danger de mort est réel et doit être explicitement signalé, il résulte du contact avec les fils; cette inscription figurera sur une plaque dont je déterminerai les caractéristiques générales.

Il est bien entendu que le remplacement des plaques actuellement posées par les nouvelles sera effectué dans les conditions fixées par l'article 123.

Il est désirable, autant que possible, que les lignes de deuxième catégorie, d'une part, et les lignes de télécommunication parallèles, d'autre part, ne soient pas placées du même côté des voies publiques.

La remarque suivante est rappelée en ce qui concerne le paragraphe 5.

(*A suivre.*)

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

95 172. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris. — 1927.

Digitized by Google

36e Année. — N° 851. 10 Décembre 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTEUR EN CHEF
ALFRED SOULIER
Le 2e vendredi de chaque mois de 15 h. à 16 h.

ABONNEMENTS
Paris et Départements : 30 francs par an.
Union postale : 40 francs par an.

ADMINISTRATION
9, rue de Fleurus, 9. — (Paris VIe)
TÉLÉPHONE
Ségur 04-23 et Ségur 04-44.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction au Rédacteur en Chef, 9, rue de Fleurus.

MM. les Abonnés dont l'abonnement expire fin Décembre, sont priés de bien vouloir adresser à M. LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris, le montant du renouvellement de leur abonnement. Chèques postaux Paris 920-28.

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — Un accumulateur merveilleux. — Fourniture d'énergie aux mines. — Bassin d'accumulation d'eau alimenté par des pompes. — Une nouvelle usine hydro-électrique sur le Rhin. — L'usine génératrice de Wallenpaupack et les installations à 220 000 v de la Pennsylvania Power and Light Co. — L'industrie électrique au Japon. — Le refroidissement des grands redresseurs à vapeur de mercure. — Comparaison entre la traction électrique et la traction mécanique au point de vue économique. — Les installations électriques en Angleterre. — Distinctions honorifiques 529

LE CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE ET LES NOUVEAUX TARIFS. **A. Soulier**. . 533

COMPARAISON ENTRE LE COURANT CONTINU ET LES COURANTS ALTERNATIFS. **J. Mathivet**. 534

LE QUATRIÈME SALON DE LA T. S. F. **J. Morel**. 540

COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES. — L'échauffement des tissus par les courants de haute fréquence, par **M. d'Arsonval**. — Sur les équations de l'électromagnétisme, par MM. **Gouseth** et **Juvet**. — Sur la théorie du paramagnétisme, par M. **Cabrera**. — Sur la proportion des vapeurs nitreuses au voisinage d'une lampe à arc pour traitement médical, par M. **J. Dadlez**. — Sur le paramagnétisme des familles du palladium et du platine, par MM **Cabrera** et **Dupérier**. — Les phénomènes électrocapillaires et les ions, par **W. Kopaczewski** et **M. Rosnowski**. — Sur la façon de se comporter de divers métaux dans l'électrolyse de l'eau par le courant alternatif, par M. **A.-P. Rollet**. — Formules des courbes de magnétisme dans les machines électriques et des courbes d'induction dans les tôles, par **Frantz Cathelin**. — Sur les applications d'un type particulier d'amplificateur à réaction, par M. **P. Lejay**. 543

REVUE DE LA PRESSE. — *Installations* : Considérations sur les fusibles. — Construction d'une ligne aérienne à 220 000 v. — *Chauffage* : L'emploi de l'énergie électrique pour le chauffage industriel en Amérique. — *Divers* : L'électrification rurale au Danemark. — Le réglage de la tension d'alternateurs fonctionnant en parallèle. 548

CIRCULAIRE DU 30 AVRIL 1927 DÉTERMINANT LES CONDITIONS TECHNIQUES AUXQUELLES DOIVENT SATISFAIRE LES DISTRIBUTIONS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE (*suite*) 549

INFORMATIONS

Un accumulateur merveilleux. — On a fait grand bruit ces temps derniers dans la presse quotidienne sur la soi-disant découverte d'un accumulateur électrique merveilleux capable de révolutionner les applications de ces appareils.

Nous avons reçu de nombreuses demandes de nos lecteurs relativement à cet accumulateur, et avant de répondre nous avons tenu à nous documenter afin de pouvoir donner des renseignements en toute impartialité.

Nous ne pouvons mieux faire que de donner la traduction d'un article paru dans l'*E. T. Z.* (t. XLVIII, p. 950), journal extrêmement sérieux qui met la chose au point :

« Tout récemment, une série d'articles ont été publiés dans les journaux quotidiens nationaux et étrangers, sur l'invention d'un accumulateur électrique par le Père espagnol Almeida.

« Il s'agit d'un accumulateur dont l'électrode positive consiste en charbon ou graphite recouvert d'argent et dont l'électrode négative est en zinc, tandis que l'électrolyte est un mélange de bromure de zinc et de chlorure de zinc. De semblables accumulateurs ont été plusieurs fois proposés et en particulier discutés d'une manière détaillée par M. L. Jumau dans son livre « Les Accumulateurs électriques », Paris 1907, pages 454 et suivantes.

« Dans ces articles, on a signalé qu'à l'Accumulatoren-Fabrik A. G. dans son usine de Hagen et plus tard à Berlin, les essais effectués avaient donné les résultats les plus satisfaisants.

« Nous nous sommes par conséquent adressés à l'Accumulatoren-Fabrik A. G. en la priant de nous renseigner. Cette firme nous a alors fait la communication suivante :

« Il est de fait que l'Accumulatoren-Fabrik A. G., comme elle a coutume de le faire pour toutes les nouveautés qui lui sont offertes, a aussi essayé l'accumulateur Almeida, en présence et d'après les instructions de l'inventeur. Elle a dû pourtant, après 6 mois d'essais méticuleux, se décider à abandonner tous essais ultérieurs avec cette espèce d'accumulateur, parce qu'elle avait acquis la conviction qu'un résultat économique ne peut être obtenu avec une telle construction.

Digitized by Google

« D'après les déclarations des journaux, on doit obtenir à égalité de poids une énergie atteignant jusqu'à dix fois celle de tous les accumulateurs électriques employés aujourd'hui dans la pratique. Au lieu de cela, les essais mentionnés, très prolongés et rigoureux, ont prouvé indubitablement que l'énergie de l'accumulateur Almeida, par rapport à son poids, est notablement moindre que dans les accumulateurs au plomb et les accumulateurs alcalins couramment employés en pratique, pour des applications spéciales. Il en va de même aussi pour le rendement. Le Père Almeida n'a pas réussi non plus pendant le temps des essais à exécuter une construction qui garantit une durée un peu longue. Tous les nombreux appareils réalisés d'après ses données ont prouvé qu'ils ne remplissaient pas leur but.

« Finalement, la raison qui fit décider l'abandon des essais est l'impossibilité d'éviter les vapeurs de brome et de chlore se dégageant en grande quantité pendant la charge de l'accumulateur, et très nuisibles pour la santé. Il n'existe d'ailleurs aucune probabilité que l'on pourrait réussir à éviter cet inconvénient dans l'application pratique de telles batteries.

« En abandonnant les essais, l'Accumulatoren-Fabrik A. G. s'en est remise au jugement du Père Almeida pour que celui-ci vienne la retrouver dès qu'il aurait obtenu quelque résultat intéressant au sujet de l'énergie et qu'il aurait supprimé les vapeurs nocives. Jusqu'à présent, des communications n'ont pas été faites par lui dans ce sens. »

Comme on le voit, il y a loin de la coupe aux lèvres, il n'est certainement pas impossible que l'on réalise un jour l'accumulateur léger tant cherché, mais il faut encore patienter.

Les journaux à grand tirage qui avaient été jusqu'à dire que la Cie d'Orléans avait arrêté son électrification dès qu'elle avait appris la découverte du fameux accumulateur, font le plus grand tort aux inventions de ce genre. La Cie d'Orléans a bien suspendu ses travaux d'électrification, mais la raison est toute autre, c'est simplement à cause d'un manque de crédits, car si elle reprend ses lignes électriques ce sera toujours avec le système déjà adopté du courant continu à 1500 v.

A. S.

Fourniture d'énergie aux mines. (*Elektrotechnick und Maschinenbau.*) — D'après l'expérience des sociétés des mines de charbon, il est plus avantageux pour les sociétés minières de se procurer de l'énergie électrique en ayant recours à des sociétés de distribution que de la produire dans des usines leur appartenant.

L'Appalachian Power Co, en Virginie, dessert à peu près toutes les mines de charbon de la contrée qu'elle alimente au moyen de deux usines hydroélectriques qu'elle possède sur la New-River.

Quoique, par suite de la situation très dispersée de ces mines, les frais de transport de l'énergie soient considérables, les dépenses d'énergie par tonne de charbon extraite ont passé de 1200 à 900, et même dans un cas, de 1400 à 700.

Dans les commencements il a été difficile de décider les sociétés minières, à se procurer l'énergie par un tiers, car elles possédaient des usines génératrices alimentées au moyen de charbon de faible valeur marchande. La société de distribution a mis à la disposition des mines, une sous-station transportable qui les reliait au réseau général, dans les cas de dérangement dans leur usine de distribution et a fait une énorme propagande.

En 1925, la société a fourni déjà 86 millions de kw-h aux mines qui ont extrait 20,5 t de charbon de bonne qualité. On peut énumérer comme avantages principaux, de la fourniture de l'énergie par une société de distribution, diminution considérable du capital nécessaire pour l'installation, facilité plus grande pour se procurer un supplément d'énergie dans le cas où la consommation de celle-ci augmente, augmentatiou considérable de la sécurité d'exploitation (par exemple, une ligne principale de transport, desservant 41 exploitations minières, n'a été hors de service, en 1925, que pendant 6 heures et demie).

La répartition de l'énergie a lieu par des lignes à 88 kv, qui desservent des sous-stations principales dans lesquelles la tension est abaissée à 13 000 v. Celles-ci alimentent par lignes aériennes, les sous-stations des mines dans lesquelles des commutatrices transforment le courant triphasé en courant continu à 250 v, particulièrement approprié à l'exploitation des mines. Comme la société de distribution vend aux mines l'énergie à basse tension, ces dernières n'ont pas à s'occuper des installations à haute tension.

Il y a 5 sous-stations automatiques et quelques sous-stations installées en souterrain.

Au point de vue des sociétés de distribution, les mines sont des clients avantageux; le facteur de charge n'est, il est vrai, que de 30 pour 100, mais la puissance à fournir est facile à évaluer et le facteur de puissance très favorable. F. L.

Bassin d'accumulation d'eau alimenté par des pompes. (*Elektrotechnick und Maschinenbau.*) — La société des usines électriques rhénanes-westphaliennes a fait installer à Kleff, à proximité de Hengstey, sur la Ruhr, un bassin d'accumulation d'une contenance de 1,5 million de m³, dans lequel des pompes envoient de l'eau de la Ruhr pendant les périodes où le réseau de la société est peu chargé, tandis qu'au moment des fortes charges l'eau accumulée alimente des turbines actionnant des dynamos génératrices fournissant de l'énergie au réseau. A Hengstey sont installés 4 groupes, dont 3 comprennent chacun : une turbine, une pompe et un moteur générateur, tandis que le quatrième groupe n'a provisoirement pas de pompe. Chacune des 4 turbines est construite pour une puissance maximum de 48 500 ch sous une hauteur de chute de 166 m; avec la hauteur de chute normale de 155 m, la puissance est de 45 000 ch. Les 3 pompes sont construites pour élever l'eau à une hauteur de 166 m; quand le débit de chacune d'elles est de 12 m³ d'eau : sec, la puissance absorbée est de 32 500 ch; elles peuvent élever chacune 13,6 m³ d'eau : sec, à une hauteur de 149 m, et alors la puissance absorbée est de 40 000 ch.

F. L.

Une nouvelle usine hydro-électrique sur le Rhin. (*Elektrotechnick und Maschinenbau.*) — On est en train de construire une nouvelle usine sur le Rhin, entre Schaffhouse et Bâle, elle utilisera une chute obtenue au moyen d'un barrage qui créera une retenue d'une longueur de 14 km un peu en amont de la retenue de l'usine de Rheinfelden. L'usine sera érigée sur la rive badoise et du côté suisse sera installée, à Ryburg, l'écluse pour la navigation.

Cette usine sera installée pour un débit de 1000 m³ : sec; en basses et moyennes eaux, la chute sera de 11,8 et respectivement 10,7 m, et la puissance aux turbines de 40 000 et respectivement 118 000 ch. Lors des eaux normales la chute sera de 8,5 m et la puissance aux turbines de 80 000 ch. Le barrage aura une longueur totale de 96 m entre piliers, et la hauteur des vannes sera de 12 m; on disposera dans l'usine, soit 6 turbines à hélice à une roue tournant à la vitesse angulaire de 100 t : min et pouvant débiter chacune 170 m³ : sec, soit 4 turbines korizontales à deux roues, pouvant débiter chacune 250 m³ : sec et tournant à la vitesse de 250 t : min. avec génératrices disposées entre les 2 roues. F. L.

L'usine génératrice de Wallenpaupack et les installations à 220 000 v de la Pennsylvania Power and Light Co. — Tandis que dans l'ouest des Etats-Unis ont est amené à employer des tensions de transport de plus en plus élevées à cause des énormes distances à franchir, dans l'est ce sont les grandes puissances à transporter, ayant pour cause la densité élevée de la population, qui font envisager l'augmentation de la tension de transport.

Digitized by Google

La ligne à 220 000 v, qui relie l'usine génératrice de Wallenpaupack, appartenant à la Pennsylvania Power and Light C° à la sous-station Siegfried, dans le voisinage de Allentown, est la première à cette tension, installée dans l'est; ce sera l'origine d'un réseau très développé qui desservira toute la région.

L'usine de Wallenpaupack est alimentée par un bassin d'accumulation qui reçoit les eaux de la Wallenpaupack Creek qui vient se jeter dans la rivière de Lackawacksan au bord de laquelle elle est construite.

Un barrage, formé de deux écluses de 20,5 m de longueur et de 4,3 m de hauteur, ferme le bassin d'accumulation, d'où part une conduite en bois, de 5,5 km de longueur. Cette conduite de 4,5 m de diamètre intérieur, avec une pente de 3,75 pour 1000, débite 48 m³ : sec et est portée par des étriers en fer scellés dans des blocs de béton. Elle aboutit à un château d'eau de 17 m de diamètre et 41 m de hauteur. Comme parfois, l'eau reste longtemps immobile dans ce réservoir, l'usine travaillant principalement pendant les périodes de fortes charges, on a dû prendre des précautions contre la gelée. Les murs sont à double paroi et même en temps de grand froid on peut faire circuler, entre ces deux parois, de la vapeur provenant de l'usine. Du château d'eau partent deux conduites forcées en fer, de 127 m de longueur et 2,1 m de diamètre intérieur qui desservent les deux turbines de l'usine.

La hauteur de chute nette est de 100 m; chacune des turbines Francis à axe vertical a une puissance de 28 500 ch et tourne à une vitesse angulaire de 300 t : min. Elles commandent directement des alternateurs triphasés de 20 000 kw, 11 000 v, au-dessus desquels sont disposées les excitatrices. Les environs de l'usine sont desservis directement par le courant des machines; la tension est élevée à 66 000 v, puis à 220 000 v.

La ligne à 220 000 v est desservie par un groupe formé de 3 transformateurs à courant alternatif simple à refroidissement d'eau de 16 667 kv chacun, montés en triangle-étoile avec centre à la terre; un quatrième transformateur est en réserve. Chaque transformateur pèse 50 t et son bain d'huile 20 t.

Le réseau à 66 000 v est desservi par 2 transformateurs triphasés de 5000 kv-amp. chacun.

La ligne à 220 000 v est branchée sur les barres à haute tension au moyen de simples sectionneurs; il n'y a pas d'interrupteurs à huile, cependant l'emplacement est prévu pour pouvoir en installer au besoin.

La ligne est à 3 conducteurs en aluminium-acier de 400 mm² de section d'aluminium et de 28 mm de diamètre extérieur. L'âme en acier est formée de 7 brins et le revêtement en aluminium de trois couches enroulées en sens inverse a 54 brins.

La limite d'élasticité du câble est de 8700 kg et sa limite de rupture de 12 700 kg.

Dans les calculs de pose, on a admis comme charges maxima une couche de glace de 38 mm d'épaisseur dans les contrées les plus exposées et 25,4 mm d'épaisseur dans les autres avec un vent exerçant une pression de 39 kg par m² et un froid de — 18°. Les flèches ont été calculées pour que la tension ne dépasse pas 8100 kg; immédiatement avant la pose les fils ont été soumis sur place pendant 3 minutes à cette tension. On a employé une presse hydraulique de 100 t pour la confection à pied d'œuvre des jonctions des tronçons de conducteurs; les âmes d'acier sont d'abord mises à nu, puis jonctionnées au moyen d'une enveloppe en acier comprimée, puis un manchon en aluminium est ramené au-dessus du joint des fils d'aluminium et fortement serré. Ces joints ont la même solidité que le câble.

Les portées normales sont de 350 m (la plus longue de 750 m), celles-ci sont moins longues que celles adoptées pour les lignes à 220 000 v de l'ouest, car on a beaucoup plus à craindre les dépôts de glace sur les conducteurs.

Les chaînes d'isolateurs comportent normalement 14 unités du type à chapeau de 254 mm de diamètre et 145 mm de hauteur, dont la résistance à la rupture est de 3200 kg.

Tant que l'effort de traction maximum ne dépasse pas 2200 kg on emploie une chaîne unique dont la hauteur totale est de 2,9 m. Quand les efforts de traction sont supérieurs à 3200 kg et inférieurs à 5500 kg, on utilise des chaînes doubles dont la longueur totale est de 5,1 m. Pour des tractions plus grandes on emploie 3 chaînes comportant chacune 16 éléments, ayant une longueur de 3 m, car dans celles-ci les éléments sont plus rapprochés les uns des autres que dans les chaînes de 14 éléments. Les chaînes portent à la partie inférieure des anneaux de garde et à la partie supérieure des pièces en forme de corne afin que la tension soit mieux répartie entre les divers isolateurs, et que, si une décharge se produit, l'arc éclate à une certaine distance d'eux.

F. L.

L'industrie électrique au Japon. (*Elektrotechnick und Maschinenbau.*) — En 1924, d'après un rapport de W. Büchler, il y avait au Japon 4472 sociétés de distribution d'électricité, soit publiques, soit privées, disposant d'usines génératrices dont la puissance totale s'élevait à 2,3 millions de kw. 64 pour 100 des machines étaient hydrauliques, le reste à vapeur.

Les usines de construction se développent dans le pays qui aujourd'hui est à même de produire les moteurs nécessaires pour les laminoirs, même de plusieurs milliers de chevaux et a exporté en 1924, pour 52,5 millions de francs-or de machines et pour 12,5 millions de francs-or de lampes, principalement en Chine.

L'industrie est bien protégée par les droits de douane, 30 pour 100 de la valeur pour les câbles de cuivre, 20 pour 100 de la valeur pour les turbines à vapeur et de 0,60 à 1,25 franc-or pour les machines à vapeur. Cependant l'importation de certains appareils, notamment de télégraphie, de téléphonie et de mesure a été favorisée. Les principaux pays importateurs sont, dans l'ordre d'importance, les États-Unis, la Grande-Bretagne et l'Allemagne.

L'industrie Japonaise fait un important emploi de l'énergie électrique, par exemple l'industrie électrique utilise 42 800 moteurs, d'une puissance totale de 318 200 ch, l'industrie métallurgique 32 000 moteurs d'une puissance totale de 390 000 ch, l'industrie chimique, 17 000 moteurs d'une puissance de 320 000 ch. Dans les autres industries on emploie 525 000 moteurs, d'une puissance totale de 2,3 millions de chevaux.

On a commencé l'électrification des chemins de fer, et on est en train, pour fournir du courant nécessaire à la traction, de construire une usine hydroélectrique de 150 000 ch et une usine à vapeur de 60 000 ch.

F. L.

Le refroidissement des grands redresseurs à vapeur de mercure. (*Elektrotechnick und Maschinenbau.*) — La société Brown-Boveri qui s'est spécialement occupée de la question des redresseurs à vapeur de mercure de grande puissance, donne les indications suivantes sur les systèmes de refroidissement de ces appareils suivant les circonstances locales, ce sont :

Le refroidissement direct au moyen d'eau courante, qui ne peut être utilisé que jusqu'à une tension continue de 2000 v, à cause de la mise à la terre; on peut installer des appareils indicateurs pour signaler l'interruption de la circulation d'eau et des soupapes d'arrêt d'eau, pour la commande à distance.

La consommation d'eau est d'environ 1 litre par minute pour 100 ampères d'intensité continue, quand cette eau entre à une température de 15°.

Le refroidissement indirect, au moyen d'eau courante, dans

Digitized by Google

lequel une pompe fait circuler constamment la même eau qui est refroidie par l'eau courante. Ce système est employé quand l'eau dont on dispose contient des impuretés qui à la longue pourraient produire des dépôts et nuire au refroidissement ; le refroidisseur parcouru par l'eau courante doit être nettoyé à intervalles réguliers.

La consommation d'eau est à peu près la même que dans le premier cas.

Le refroidissement par courant d'air naturel : *a*) avec pompe faisant circuler de l'eau, toujours la même, qui est refroidie par un courant d'air naturel, au besoin dans une cheminée ; employé dans le cas de manque d'eau ou quand celle-ci revient à un prix élevé. Ce système peut être employé dans les cas de tension de plus de 2000 v, mais est peu efficace et ne peut être appliqué que quand la température du local est peu élevée ; *b*) avec pompe de circulation et réservoir d'eau ; employé spécialement dans le cas de charge faible et intermittent et pour des tensions à moins de 2000 v.

Le refroidissement par circulation d'eau refroidie par un courant d'air artificiel ; c'est la solution générale pour le cas de manque d'eau. Dans le cas où l'élévation de température du redresseur, au-dessus de l'ambiante, ne doit pas dépasser 25°, la puissance consommée par les 2 moteurs, celui de la pompe de circulation et celui du ventilateur, est d'environ 0,7 kw pour 1000 ampères de courant continu. F. L.

Comparaison entre la traction électrique et la traction mécanique au point de vue économique. (*Elektrotechnick und Maschinenbau.*) — M. Bertschmann indique les résultats de l'exploitation des chemins de fer Rhétiques pendant l'année 1925, desquels ressort nettement l'avantage de la traction électrique.

Les chemins de fer Rhétiques exploitent un réseau d'une longueur de 277 km qui a été électrifié dans la période de 1913 à 1922.

L'énergie électrique est fournie à ce réseau, par 3 entreprises privées dont les usines sont situées d'une manière si favorable, qu'il n'a pas été nécessaire d'installer des lignes de transport. La traction est assurée par 25 locomotives électriques et 7 locomotives à vapeur ; ces dernières n'étant utilisées que pour le triage, la revision des lignes de prise de courant, l'enlèvement de la neige et comme réserves.

Le personnel se compose de 70 conducteurs de locomotives, 32 serruriers nettoyeurs et 71 ouvriers monteurs. En 1925 il a été parcouru 1 553 076 locomotives électriques-kilomètres et 70 826 locomotives à vapeur-kilomètres ; le maximum de locomotives-kilomètres parcourus dans un mois a été de 8869.

En moyenne, 80,8 pour 100 des locomotives étaient disponibles pour le service, 8 pour 100 dans les dépôts pour revisions et réparations, 5 pour 100 dans les ateliers de réparations et 6,2 pour 100 en réserve. Le 24 décembre 1925, toutes les locomotives étaient disponibles pour le service.

Si l'on voulait transformer les 1 605 904 locomotives-kilomètres totaux en locomotives à vapeur-kilomètre, il faudrait augmenter ce chiffre de 20 pour 100, afin de tenir compte du fait que l'on n'a pas besoin de locomotive de remorque pour franchir les rampes dans le cas de traction électrique.

Avant l'introduction de la traction électrique, une locomotive effectuait au plus 55 442 km par an, de sorte que le service de 1925 aurait exigé l'emploi de 49 locomotives à vapeur.

Avec les locomotives la révision générale n'a besoin d'être effectuée qu'après un parcours d'environ 180 000 km, tandis qu'avec les locomotives à vapeur, cela doit s'effectuer tous les 80 000 ou 85 000 km ; certaines locomotives électriques ont parcouru jusqu'à 240 000 km avant de devoir être revisées.

Actuellement on soumet annuellement à une revision générale, 9 locomotives électriques et une locomotive à vapeur, tandis que lors de la traction uniquement à vapeur il fallait en moyenne reviser annuellement 21 locomotives. En outre la revision générale d'une locomotive à vapeur revient à un prix plus élevé que celle d'une locomotive électrique.

De ces faits, il résulte une économie de 52 pour 100 du personnel nécessaire pour l'entretien des locomotives. De plus la plus grande propreté de la traction électrique a pour résultat de diminuer l'entretien du matériel roulant, de sorte que le personnel qui en est chargé a pu être diminué de 15 pour 100.

En somme l'ensemble du personnel des ateliers de réparations a pu être diminué de 48 pour 100.

A l'exception des portions de lignes, très inclinées, les trains sont généralement conduits par un seul homme. Il y a 38 conducteurs de 1re classe, qui, en moyenne, parcourent annuellement 35 000 km et 32 conducteurs de 2e classe qui en parcourent annuellement 25 000 km et qui, pendant les périodes où ils n'assurent pas la traction, sont utilisés pour toutes sortes de travaux. L'économie de personnel pour la conduite des convois est de 45,5 pour 100.

Le personnel, employé dans le dépôt pour le nettoyage et le graissage du matériel roulant, a pu être réduit de 46 pour 100.

Dans l'entretien de la voie, la traction électrique permet une économie dans l'entretien des rails posés dans les tunnels, qui durent plus longtemps, mais celle-ci est compensée par un surcroît d'usure des rails dans les courbes, qui sont soumis à des efforts de pression plus convenables.

La consommation moyenne de charbon, avec la traction à vapeur était en moyenne de 11,3 kg par locomotive-kilomètre ; la dépense d'énergie dans le cas de traction électrique est de 58,8 watts-heures par tonne-kilomètre.

1 kw-h correspond à peu près à 1,7 kg de charbon.

Avec la traction électrique, on a épargné annuellement la consommation de 150 000 m³ d'eau. L'économie d'huile de graissage est de 47 pour 100 ; 0,0202 kg par locomotive kilomètre, au lieu de 0,036 pour la traction à vapeur.

L'entretien des lignes de prise de courant est assuré par 6 hommes ; le matériel employé pour l'entretien se compense, à peu de chose près, avec celui qui était employé lors des plus nombreuses revisions de locomotives à vapeur.

F. L.

Les installations électriques en Angleterre. (*Elektrotechnick und Maschinenbau.*) — Le nombre des entreprises publiques, produisant et distribuant de l'énergie électrique, en Angleterre, a passé de 535 à la fin de mars 1923, à 565 à la fin de mars 1925 ; 78 pour 100 de ces entreprises distribuent toute l'énergie électrique qu'elles produisent.

A la fin de mars 1925, la puissance totale installée dans ces entreprises était de 3 723 514 kw, soit 629 835 kw de plus qu'en 1923.

La plus grande des usines de ces entreprises, celle de Stuart Mill à Manchester, a une puissance installée de 106 750 kw ; 42 des usines ont une puissance de plus de 25 000 kw et représentent 50,6 pour 100 de la puissance totale.

En 1925 la production totale a été de 6022 millions de kw-h et elle augmente en moyenne de 16 pour 100 par an. 19 des entreprises (contre 12 l'année précédente) fournissent annuellement au moins 300 kw-h par habitant desservi et 251 (contre 248 l'année précédente), moins de 50 kw-h. Les prix de vente de l'énergie ont un peu diminué de même que les intérêts obtenus pour le capital qui a passé de 24,6 à 21,1 pour 100. F. L.

Distinctions honorifiques. — Nous sommes particulièrement heureux de signaler la promotion au grade d'Officier de la Légion d'honneur de M. Grosselin, le sympathique délégué de la Société Française des Electriciens.

Digitized by Google

LE CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE ET LES NOUVEAUX TARIFS

Il y a quelques années (1) nous avons montré que le chauffage électrique était en général peu économique et, à moins d'avoir des tarifs spéciaux et des appareils permettant le chauffage par accumulation aux heures creuses des réseaux, on ne pouvait songer à employer pratiquement le chauffage électrique.

On sait, en effet, qu'un kilogramme de houille dégage entre 7000 et 8000 calories suivant sa qualité et peut produire 1 kw-h (on arrive à mieux aujourd'hui comme on le verra plus loin); or ce kilowatt-heure, utilisé dans des radiateurs électriques à rendement de 100 pour 100, ne donne plus que 860 calories.

Il semble donc qu'il y a gaspillage lorsqu'on convertit l'énergie potentielle du charbon en énergie électrique et que l'on utilise cette même énergie électrique pour le chauffage.

Un exemple fera mieux comprendre encore : Supposons qu'un particulier possédant une villa munie d'un chauffage central bien établi veuille remplacer ce chauffage par celui procuré par des radiateurs électriques. S'il lui fallait chaque année 4000 à 5000 kg de charbon il devra dépenser pour avoir le même nombre de calories environ 4 à 5000 kw-h et si cette énergie électrique lui est vendue 1 fr le kw-h son chauffage électrique lui coûtera 4 à 5000 fr, tandis que le chauffage direct au charbon ne lui coûtera que 2000 fr environ si on compte le charbon rendu chez lui à 400 fr la tonne.

Mais on voit aussi que les conditions changent si le tarif du réseau de distribution d'énergie électrique est modifié.

Or précisément à l'heure actuelle les compagnies d'électricité font un gros effort en vue de réduire les tarifs aux heures creuses, la nuit par exemple, et l'on conçoit qu'il en soit ainsi puisqu'il faut quand même la nuit maintenir les usines en marche et les machines en mouvement, les transformateurs sont à vide ou à peu près, et les usines ne font guère que du courant magnétisant qui n'est pas du tout intéressant.

Dans l'exemple cité ci-dessus il suffirait que l'énergie électrique soit vendue 0,40 fr le kw-h pour que le particulier en question puisse hésiter entre le chauffage électrique et le chauffage central à vapeur ou à eau chaude et même à égalité de prix la balance pencherait du côté du système électrique qui ne nécessite pour ainsi dire pas de surveillance ni d'entretien.

Or précisément à Paris la Cie Parisienne de distribution d'énergie électrique (CPDE) a mis en vigueur dès le 2e semestre de 1927 deux tarifs réduits pour usages spéciaux et en particulier le tarif dit de nuit va permettre de développer les appareils de chauffage électrique par accumulation, l'autre aidera à diffuser l'emploi des aspirateurs, fers à repasser, etc.

Voici quels sont les prix de l'énergie à Paris en francs par kilowatt-heure pour le deuxième semestre de 1927.

1° Tarifs pour courant utilisé principalement la nuit pour usages *autres que l'éclairage* :

Heures de nuit; haute tension : 0,234, basse tension : 0,319.

Le jour les tarifs se divisent en deux :

Heures de jour; haute tension : 0,550, basse tension : 0,774
Heures de pointe; — 1,045, — 1,500.

2° Tarifs mixtes pour éclairage et usages domestiques :

1re Tranche	1,68	fr : kw-h
2e Tranche	1,00	—
3e Tranche	0,456	—

Les horaires prévus pour l'application de ces tarifs sont les suivants :

Période d'hiver du 1er octobre au 31 mars.

Nuit : 18 heures à 7 heures et 11 h 30 à 13 h 30.
Jour : 7 heures à 11 h 30 et 13 h 30 à 15 heures
Pointe : 15 heures à 18 heures.

Période d'été du 1er avril au 30 septembre.

Nuit : 18 heures à 7 heures et 11 h 30 à 13 h 30
Jour : 7 heures à 11 h 30 et 15 h 30 à 18 heures.

En somme les prix de l'énergie pendant le jour et la nuit sont inférieurs au prix normal, par contre les prix pendant les heures de pointe sont supérieurs et cela se conçoit puisque c'est la pointe qui est la plus dure à produire par les usines.

On a pu arriver à ces résultats parce que le charbon est mieux brûlé et mieux utilisé dans les usines thermiques produisant l'énergie électrique que dans les foyers domestiques et c'est pourquoi le gaspillage dont nous parlons plus haut n'est qu'apparent puisqu'on arrive à produire l'énergie électrique dans les centrales modernes en dépensant bien moins d'un kilogramme de charbon par kilowatt-heure. Il serait injuste de ne pas reconnaître que l'industrie du gaz a apporté, elle aussi, de sérieux perfectionnements dans l'utilisation du charbon.

Alors qu'autrefois on se contentait de distiller la houille en recueillant les produits volatils, benzols et goudrons très recherchés par l'industrie, le coke d'autre part et enfin le gaz d'éclairage proprement dit, on fait mieux aujourd'hui.

Notons en passant que les goudrons ont trouvé des débouchés considérables qui ont pu faire dire que leur vente payait la fabrication du gaz, lequel revenait à 0 fr 00 aux compagnies gazières, tandis que le coke était la partie la plus difficile à écouler.

Actuellement on procède à la distillation *intégrale* de la houille, c'est-à-dire que non seulement on en extrait le gaz d'éclairage proprement dit, des goudrons et des

(1) Voir *L'Industrie électrique* n° 680 du 25 octobre 1920, p. 385.

Digitized by Google

eaux ammoniacales, mais encore le coke que l'on vend difficilement sert à faire du gaz à l'eau obtenu en faisant passer de la vapeur d'eau sur le coke incandescent d'après la réaction :

$$H^2O + C = H^2 + CO$$

et ce mélange d'hydrogène et d'oxyde de carbone est incorporé au gaz d'éclairage. Le rendement des appareils est tel (1) qu'une tonne de houille donne de 1300 à 1400 m³ de gaz (de pouvoir calorifique de 5000 à 5300 calories par m³), 45 kg de goudron et 80 litres d'eau ammoniacale à 3° Baumé.

On comprend dès lors que si le gaz était vendu moins cher aux abonnés, et ce serait chose facile, il pourrait faire une sérieuse concurrence au chauffage électrique par accumulation puisque l'industrie gazière ne connaît pas les inconvénients des heures de pointe et qu'elle possède avec le gazomètre un merveilleux accumulateur.

Mais l'industrie électrique arrivera encore une fois à donner au gaz sa réplique lorsqu'on produira facilement de grandes quantités d'énergie en utilisant la chaleur solaire. D'immenses espaces de la surface de la terre ou des mers sont aujourd'hui surchauffés et il y aurait intérêt à transporter vers les régions froides ces calories inutilisées. Le procédé Claude et Boucherot va constituer une étape vers la réalisation de ce bienfait, il ne manque plus que d'obtenir la transmission de l'énergie électrique à des milliers de kilomètres. On a résolu déjà des problèmes bien plus invraisemblables, on résoudra bien celui-là.

A. Soulier.

COMPARAISON ENTRE LE COURANT CONTINU ET LES COURANTS ALTERNATIFS

Il est un fait certain, c'est que le jour où l'on saura produire économiquement et facilement du courant continu à très haute tension (200 000 *v et plus*) *les transports d'énergie à de très grandes distances auront fait un nouveau pas. Ce jour n'est peut-être pas si éloigné que l'on pourrait le croire étant donné les progrès rapides que font les redresseurs à haute tension, qu'ils soient à vide ou à vapeur de mercure. Pressentant la chose, l'auteur de l'article ci-dessous qui dirige un important service électrique dans les mines du Nord, recherche les raisons qui depuis quelques années ont remis en faveur le courant continu pour la transmission de l'énergie.*

Il rappelle les divers procédés employés pour transformer le continu en alternatif et inversement (*M. Leblanc, Thury, Highfield*). *Il fait ressortir les avantages du moteur continu pour la traction électrique, l'extraction minière, la grosse métallurgie, l'électrolyse, l'électro-culture, l'éclairage* (2).

(1) Le *Génie Civil* du 5 novembre 1927, p. 454.

(2) Semaines de discussion de la *Société Française des Electriciens*, octobre 1927.

A. **Généralités.** — Il y a une huitaine d'années, lorsqu'il s'est agi de reconstituer les régions dévastées par la guerre et lorsque le problème de l'économie du charbon s'est posé devant nous avec un nouvel intérêt, plusieurs Ingénieurs ont étudié à fond les avantages respectifs de l'emploi du courant continu et des courants alternatifs pour résoudre les problèmes considérés,

Les Revues techniques de 1919 ont publié, à ce sujet, des articles très complets de M. Bunet, pour la question du transport d'énergie et de M. Mauduit, pour la question de la traction électrique.

Il nous a semblé qu'il était intéressant, après huit années de travaux intensifs dans tous les domaines de l'application de l'électricité industrielle, de voir si les idées ou si les solutions qui avaient été préconisées en 1919 et qui pour la plupart ont été réalisées, sont bien des solutions définitives et si la pratique a consacré leur succès.

Alors, en effet, qu'il semblait définitivement acquis, que dans le domaine de la transmission de l'énergie, les courants alternatifs l'emportaient de beaucoup sur le courant continu et que dans le domaine de la traction électrique, la prédominance devait légitimement revenir au courant continu, nous avons vu cependant, depuis quelques années, ce dernier reprendre de la faveur pour la transmission de l'énergie à longue distance, tandis que le courant alternatif était utilisé de plus en plus pour la traction électrique : il nous paraît donc intéressant de rechercher quelles sont les raisons de ce chassé-croisé et d'une manière plus générale de voir dans quelle mesure on doit préférer l'une des deux sortes de courant à l'autre.

Les courants alternatifs peuvent s'employer, tantôt sous forme de courant triphasé, tantôt sous forme de courant monophasé, ils peuvent également affecter plusieurs formes de fréquence; savoir :

15, 25, 50, 60 per : sec.

Nous savons que lorsque l'on veut employer le courant alternatif en matière de traction électrique, il faut employer des basses fréquences, tandis que pour la lumière et les usages ordinaires, les fréquences élevées sont préférables.

Toutefois, il est arrivé qu'en présence de l'intérêt de l'unification des fréquences et de l'interconnexion nécessaire des réseaux dans un même pays, les partisans des courants alternatifs se sont ralliés en Europe à la fréquence de 50 per : sec et ceci a pour ainsi dire entraîné l'adoption de l'emploi du courant continu pour la traction électrique, ce courant continu étant alors obtenu en transformant les courants alternatifs primaires, soit dans des commutatrices, soit dans des groupes moteurs génératrices, soit dans des redresseurs à vapeur de mercure, soit enfin dans l'apparail très original connu sous le nom de *transverter* de Highfield.

Cet appareil qui fut inventé en 1918 par M. Highfield, fut exposé à Londres en 1924.

Digitized by Google

Le principe de *transverter* est connu (1) :

Il consiste à recevoir du courant alternatif triphasé dans des transformateurs statiques, comportant primaire et secondaire; puis à multiplier les phases des primaires, ce qui multiplie également les phases des secondaires; enfin à relier les phases ainsi multipliées des secondaires à un collecteur de dynamo, autour duquel tournent des balais collecteurs; ces balais sont entraînés par un moteur synchrone et peuvent capter des courants continus, ayant une tension égale à la tension maxima des courants alternatifs des secondaires des transformateurs.

La multiplicité des phases des enroulements primaires est obtenue par des combinaisons d'enroulement dans ces phases, de telle sorte que les trois phases primaires donnent naissance à trente-six nouvelles phases décalées de 10°, les unes par rapport aux autres.

On peut ainsi arriver à recueillir des courants continus à plus de 100 000 v et à constituer des *transverters* d'une puissance de 5000 kw.

On voit que si l'on veut réaliser avec cet appareil un transport de force à courant continu à haute tension, il suffira d'employer, par exemple, une vingtaine de ces appareils pour obtenir 100 000 kw. Par contre, si l'on veut se contenter d'utiliser le courant continu à basse tension, on peut toujours le faire.

On retrouve dans cet appareil les idées directrices qui avaient guidé jadis M. Maurice Leblanc dans la construction de son *panchahuteur*.

Dans les pays où, malgré l'unification des fréquences, les réseaux de traction électrique sont restés en courant alternatif à basse fréquence, ces réseaux ont pour la plupart leur centrale spéciale, en général hydraulique et constituent ainsi des îlots parfaitement autonomes et isolés.

D'ailleurs, et dans les pays où la chose était possible, c'est-à-dire dans les pays montagneux ou lacustres, pays où il était très facile d'installer des centrales hydrauliques spécialement affectées à un usage déterminé, on a généralisé l'emploi de la traction électrique en courant alternatif à basse fréquence et comme on s'est aperçu rapidement que le courant alternatif monophasé offrait de grands avantages de simplicité sur le courant alternatif triphasé, on a abandonné ce dernier courant pour l'électrification de certains chemins de fer, et on lui a préféré le courant alternatif monophasé à 16,2/3 per : sec : c'est le cas de l'Autriche, la Suisse, la Bavière, la Suède, la Norvège et certaines contrées de l'Amérique du Nord.

Seule l'Italie est restée fidèle aux courants alternatifs triphasés pour ses lignes de traction électrique.

En ce qui concerne les lignes de transport d'énergie, il semble bien que, pour longtemps encore, les courants alternatifs restent la solution générale et il faut leur rendre cette justice que, malgré les défauts nombreux que présente leur emploi, ce sont eux qui ont permis de progresser d'une manière considérable dans l'électrification de nos pays, en se prêtant d'une manière très simple à l'unification des tensions de transport et à l'unification des tensions d'utilisation.

Il serait, en effet, tout à fait injuste de ne pas reconnaître que c'est grâce à son extrême simplicité que le moteur asynchrone a pu se multiplier dans nos usines et permettre ainsi à l'électricité de conquérir des domaines qui, jusqu'alors, lui étaient inconnus.

D'ailleurs, dans cette conquête, le moteur asynchrone a été puissamment aidé par l'égale simplicité et l'extrême souplesse des transformateurs statiques : la possibilité, en effet, de réaliser avec ces appareils, n'importe quelle puissance et n'importe quelle tension, ont permis de les installer dans n'importe quel endroit, soit même d'une manière absolument rustique, et, en leur associant des moteurs asynchrones, on a pu généraliser très rapidement l'emploi de réseaux à courants alternatifs offrant toutes les gammes de tension depuis 110 v jusqu'à 15 000 v.

Toutefois, cette extension de l'emploi des transformateurs statiques et des moteurs asynchrones s'est faite au détriment du rendement général de ces installations et de la mauvaise utilisation des stations génératrices, par suite du déphasage inévitable que ces appareils produisent entre la tension de distribution et le courant d'utilisation.

Nous savons tous, en effet, que la question du facteur de puissance est loin d'être résolue (1) et que les phénomènes perturbateurs qui se produisent sur les lignes de transport d'énergie à courants alternatifs, deviennent d'autant plus fréquents et d'autant plus nuisibles que la tension de transport ainsi que l'intensité du courant sont de plus en plus élevées.

Il semble que l'on soit arrivé maintenant à l'extrême limite que la pratique puisse admettre, en adoptant des tensions de 100 000 et 200 000 v et des intensités de 300 à 500 A et la puissance de 100 000 kw paraît rester, jusqu'à nouvel ordre, une puissance que l'on ne pourrait pas dépasser.

Ceci explique, que par exemple, au Transwaal, on étudie en ce moment une ligne de transmission d'énergie dont l'artère centrale serait parcourue par du courant continu haute tension.

Ce sont donc les idées de M. Thury qui semblaient depuis longtemps reléguées dans l'oubli, qui reviennent à l'ordre du jour et il faut reconnaître que si cette solution est pratiquement réalisable elle sera de beaucoup supérieure à la solution par courant alternatif. L'expérience du transport de force de Moutier à Lyon, en France, a été, en effet, couronnée par le succès et malgré les critiques que l'on peut adresser à l'emploi de ce système, les Ingénieurs du Transwaal ont l'intention de réaliser une ligne constituée de la manière suivante :

(1) Voy. *L'Industrie Electrique*, n° 768 du 25 juin 1924, page 229.

(1) Mathivet, par un calcul rapide, a montré que le facteur de puissance coûtait environ 700 *millions par an* à la France, soit près d'un milliard.

Digitized by Google

Station génératrice avec turbines hydraulique et alternateurs, les alternateurs alimentant à côté d'eux des moteurs synchrones de grosse puissance, chacun de ces moteurs synchrones actionnant une ou plusieurs dynamos à courant continu, connectées en série entre elles et avec les dynamos des groupes voisins; on peut ainsi atteindre une tension de transport d'énergie de 200 000 à 500 000 v étant entendu que sur le parcours de la ligne, aucun prélèvement ne sera fait. Pour des intensités de 500 à 500 A, ceci permettrait de transporter des puissances pouvant aller jusqu'à 150 000 kw sans avoir les inconvénients du courant alternatif.

A l'extrémité de la ligne de transport d'énergie, des moteurs à courant continu, disposés en série, sont embranchés sur la ligne, ces moteurs actionnant des alternateurs distribuant l'énergie locale, sous forme de courant alternatif.

Nous avons figuré sur le tableau I, le schéma représentatif de la solution que nous venons de décrire.

Nous avons également figuré sur notre schéma d'ensemble, la solution intégrale du transport en courant continu.

Cette solution ne diffère d'ailleurs de la solution mixte que par la suppression à la station de départ des alternateurs et des moteurs synchrones intercalés entre les turbines et les dynamos à courant continu.

A la station d'arrivée, les moteurs à courant continu, peuvent attaquer indifféremment des génératrices pour la traction électrique ou des alternateurs pour la distribution locale de la lumière et de la petite force motrice.

Nous voyons donc qu'à l'heure actuelle, les idées en matière de transport d'énergie et d'utilisation de courant, sont exactement inverses de celles que nous avons vu adopter depuis une vingtaine d'années; il n'y a peut-être pas là un fait paradoxal et nous devons plutôt y voir le retour à une tradition très ancienne, tradition qui voulait en tout état de cause que le courant continu soit la forme la plus logique de l'utilisation de l'électricité dynamique.

Après avoir ainsi rappelé quelle a été l'évolution des concepts en matière de solution générale, nous allons examiner maintenant dans les différentes applications du courant électrique, quels sont les arguments que l'on peut faire valoir en faveur du courant continu ou du courant alternatif.

B. **Applications** (*Voir tableau page suivante*). — a) *Applications mécaniques.* — C'est surtout dans l'application des moteurs électriques à la commande des différents engins de travail, que le courant continu présente, sur le courant alternatif, un avantage marqué.

Il est, en effet, intéressant quel que soit l'outil que l'on a à commander, de pouvoir à volonté faire varier la vitesse de cet outil; or, il faut connaître que les différents moteurs à courant alternatif ne se présentent pas à ce sujet sous un jour favorable, tandis que par l'emploi de rhéostats appropriés, placés soit sur l'induit, soit sur les inducteurs du moteur à courant continu, on peut toujours obtenir une variation de vitesse relativement grande.

Si donc, d'une part, le moteur à courant alternatif présente moins de difficulté d'exploitation, par suite de l'absence de collecteur, le moteur à courant continu, malgré la servitude de la surveillance des balais, présente plus de souplesse que son concurrent.

C'est ce qui a amené beaucoup d'ingénieurs à installer, dans leurs usines, des appareils de transformation leur permettant d'utiliser le courant alternatif fourni par les réseaux primaires, sous forme de courant continu.

Ils préféraient subir une perte de rendement plutôt que de s'astreindre à avoir des organes mécaniques de changement de vitesse.

D'ailleurs, tout compte fait, il n'est pas certain que le rendement total d'une installation mixte dotée de convertisseurs, de commutatrices ou de redresseurs à vapeur de mercure ou d'un ensemble de moteurs à courant continu, soit inférieur au rendement total qu'aurait cette même installation, si on l'avait réalisée uniquement en courant alternatif.

L'ensemble de tous les moteurs asynchrones qu'il aurait fallu mettre sur les engins commandés, aurait provoqué des pertes importantes dans les transformateurs d'alimentation et dans tout le réseau basse tension desservant ces moteurs; à ces pertes purement électriques seraient venues s'ajouter les pertes provenant des transmissions mécaniques destinées à corriger la rigidité de la vitesse qui est la cause principale d'infériorité des moteurs asynchrones.

Nous savons bien que l'on va nous opposer l'emploi des moteurs à courant alternatif spéciaux, qui peuvent donner des vitesses variables, grâce aux collecteurs dont on les a munis.

Mais les partisans de ces sortes de moteurs sont-ils bien certains d'avoir le droit de les appeler des moteurs à courant alternatif et quels que soient les noms qu'on leur donne (moteur à répulsion, moteur série compensé, moteur à calage variable), nous prétendons que ces soi-disant moteurs à courant alternatif ne sont pas autre chose que des moteurs à courant continu déguisés.

C'était grâce à l'adjonction du collecteur inventé par Gramme, collecteur qui a justement pour but de redresser le courant alternatif circulant dans l'un des enroulements du moteur, que nous pouvons obtenir des vitesses variables, dans des moteurs normalement alimentés par du courant alternatif, en provoquant des compositions de flux et de courants qui sont tantôt alternatifs et tantôt continus.

Si nous avons classé ces moteurs à collecteur dans notre tableau, dans la colonne du courant alternatif, c'est par une sorte de concession à la routine, mais en réalité ce sont des moteurs mixtes et leur emploi n'est pas autre chose qu'un hommage indirect rendu au courant continu.

Il faut reconnaître d'ailleurs que certains de ces moteurs mixtes ont été réalisés d'une manière remarquable, et nous croyons que le succès que nous consta-

Digitized by Google

COURANT ALTERNATIF

STATIONS GÉNÉRATRICES

Turbo-alternateurs : Toutes puissances jusque 150000 kw.
Tension jusque 13 500 v.

ÉLÉVATION DE TENSION POUR TRANSPORT A GRANDE DISTANCE

Transformateurs statiques : Toutes tensions jusque 220000 v.

TRANSPORT D'ÉNERGIE

Câbles armés : jusque 60 000 v.
Lignes aériennes : Toutes tensions jusqu'à 200000 v.

Avantages : Grande puissance transportée.
Transformateurs statiques pour obtenir les tensions d'utilisation industrielles.

Inconvénients : Capacité et self-induction nécessitant de puissants condensateurs synchrones à l'arrivée.

DISTRIBUTION ET UTILISATION

a) **Ateliers** : Tous les moteurs ordinaires à vitesse sensiblement constante.
Moteurs spéciaux à collecteur pour vitesses variables (délicats).

b) **Traction électrique** : Trolley seul. Courant alternatif triphasé direct : 10000 à 15000 v à 25 per : sec ou 16 2/3 per : sec (2 lignes de contact).
Courant alternatif monophasé : 15000 v 16 1/3 per : sec.

Avantages : Sous-stations très espacées avec transformateurs statiques.

Inconvénients : Freinage en récupération très délicat.
Centrales spéciales pour le monophasé.

c) **Mines** : Moteurs asynchrones ordinaires pour tous usages. Moteurs synchrones pour gros moteurs et améliorer le cosinus du réseau.
Moteurs à collecteurs pour ventilateurs et usages spéciaux.

d) **Métallurgie** : Courant alternatif pour petits moteurs.
Pour laminoirs. Courant alternatif peu employé.

e) **Electro-Métallurgie** : Fours à arc : Monophasés et triphasés de toutes puissances.
Fours à induction.
Fours à haute fréquence.

f) **Electro-Chimie** : Courant alternatif inutilisable pour Electrolyse.

g) **Appareils de levage** : Courant triphasé mais avec peu de souplesse.

h) **Electro-Culture** : Courant alternatif pour tous les moteurs.
Facilité de distribution.

i) **Divers** (Télégraphie, téléphonie, Signaux).
Courant alternatif peu employé

j) **ÉCLAIRAGE** : Les fréquences supérieures à 25 per : sec sont seules acceptables.

COURANT CONTINU

STATIONS GÉNÉRATRICES

Turbo-dynamos : Petites puissances.
Tension jusque 5000 v max.

ÉLÉVATION DE TENSION POUR TRANSPORT A GRANDE DISTANCE

Couplage en série des génératrices.
Transformation de l'alternatif en continu par le Transverter.

TRANSPORT D'ÉNERGIE

Câbles armés possibles jusqu'à 100000 v.
Lignes aériennes possibles jusqu'à 300000 v.

Avantages : Capacité et self-induction ne gênent pas.
2 fils seulement pour le transport.

Inconvénients : Pertes en lignes constantes. Mauvais rendement à faible charge. Groupes moteurs générateurs pour obtenir du courant continu à tension constante pour les usages industriels.

DISTRIBUTION ET UTILISATION

a) **Ateliers** : Tous les moteurs ordinaires à vitesse constante ou variable.

b) **Traction-Electrique** : Trolley : Tension jusque 3000 v.
Sous-station de transformation. Avec moteurs générateurs dans le cas de distribution continue série.
Sous-station de transformation : Avec commutatrices ou redresseurs dans le cas de distribution triphasée.

Avantages : Freinage facile par récupération.

Inconvénients : Sous-stations très rapprochées.
Accumulateurs : Locomotives à accumulateurs au plomb (Ironclad) au fer nickel (Saft).

c) **Mines** : Pour les usages courants : Moteurs à courant continu alimentés par groupe convertisseur. Pour machines d'extraction. Système Ward Léonard.

d) **Métallurgie** : Courant continu pour petits moteurs.
Laminoirs : Le courant continu est préférable.

e) **Electro-Métallurgie** : Fours à arc seulement.

f) **Eleotro-Chimie** : Electrolyse par courant continu à basse tension.

g) **Appareils de levage** : Le courant continu est préférable.

h) **Electro-Culture** : Courant continu pour tous les moteurs.

i) **Divers** : (Télégraphie, Téléphonie, Signaux).
Courant continu presque toujours employé.

j) **ÉCLAIRAGE** : Courant continu très employé.

tons actuellement de la traction électrique par courant alternatif monophasé, provient uniquement de la supériorité sur tous les moteurs du même genre, des moteurs monophasés à collecteur et à calage variable des balais, qui ont été lancés sur le marché depuis une quinzaine d'années; ces moteurs sont connus sous le nom de moteurs monophasés Deri-Brown-Boveri.

Mais nous persistons à considérer ces moteurs, comme des moteurs à courant continu, dans les inducteurs desquels on injecte du courant alternatif.

Ces moteurs à courants alternatif et continu ou *mixtes* se sont montrés suffisamment souples pour que, non seulement on puisse les employer en matière de traction, mais aussi pour qu'on puisse les employer en matière d'extraction minière ou dans l'industrie métallurgique.

Il semble donc que pour les trois applications les plus importantes de l'industrie, c'est-à-dire la *traction électrique*, *l'extraction minière* et la *grosse métallurgie*, les courants alternatifs doivent être définitivement rejetés, les seuls genres de moteurs pouvant être appliqués dans ces conditions étant, soit de véritables moteurs à courant continu, soit des moteurs mixtes monophasés à collecteur.

Digitized by Google

Toutefois, même pour les commandes des trains de laminoirs étant donné qu'il faut, dans ce cas, des moteurs de 15 000 ch, le courant continu proprement dit devra être préféré, car jusqu'ici, malgré son extrême souplesse, le moteur à courant monophasé pour grosse puissance n'a pu être encore réalisé.

Nous n'ignorons pas qu'il existe des installations, principalement dans les mines, dans lesquelles les treuils d'extraction sont commandés par des moteurs à courant alternatif : mais, d'une part, on est toujours obligé de passer par l'intermédiaire d'un train d'engrenage et, d'autre part, les difficultés que l'on rencontre pour le réglage des résistances sur le rotor et pour l'inversion du courant sur les stators sont telles que l'avantage de l'emploi des moteurs à courant continu leur fait, dans la plupart des cas, donner la préférence.

Il y a toutefois, un genre de moteur à courant alternatif dont l'emploi est venu corriger, dans la mesure où la chose était possible, les défauts inhérents à l'emploi généralisé du courant alternatif; ce sont les *moteurs synchrones*; on sait tout le secours que ces moteurs peuvent donner, tant sur les lignes primaires comme condensateurs synchrones, que sur les lignes secondaires à seule fin de relever le facteur de puissance des installations à courant alternatif.

On peut arriver, en effet, en multipliant ce genre de moteurs, à annuler presque complètement le décalage du courant d'utilisation sur la tension et par cela même diminuer considérablement les pertes dans les transformateurs et dans les lignes.

Un exemple très intéressant de l'application des moteurs synchrones, pour obtenir un cosinus égal à l'unité dans un réseau particulier, est celui du bassin houiller du Nord de la France.

La plupart des Compagnies Houillères du Nord et du Pas-de-Calais ont, en effet, adopté le moteur synchrone, soit pour commander directement les convertisseurs des machines d'extraction électriques du système Ward Leonard, soit pour être adjoint à ce convertisseur comme condensateur synchrone, lorsque ce convertisseur avait été prévu avec moteur asynchrone.

Mais on peut alors se demander si, au lieu d'avoir une installation à courant alternatif, comportant un très grand nombre de ces moteurs synchrones, il ne conviendrait pas mieux, pour tous les moteurs d'une même usine, ou pour tous les moteurs d'un même îlot suffisamment concentré, d'employer dans chaque usine, ou dans chaque îlot, des moteurs à courant continu alimentés, soit par des commutatrices, soit par des redresseurs à vapeur de mercure ou mieux par des convertisseurs rotatifs, dont la génératrice à courant continu serait commandée par un moteur synchrone de grande puissance.

La question du facteur de puissance ne se poserait plus ni pour le réseau secondaire, ni pour le réseau primaire, et elle serait résolue par le seul fait de l'emploi d'un moteur synchrone puissant.

Examinons maintenant quelle est la part que l'on peut faire à l'une ou à l'autre sorte de courant dans les différentes industries d'importance secondaire, susceptibles d'employer l'électricité.

Dans l'électro-métallurgie, le courant alternatif présente de gros avantages, car l'on tend de plus en plus à abandonner les fours à arc pour prendre les fours à induction.

Par contre, il y a toujours des dispositions spéciales à adopter pour réduire dans la mesure du possible le décalage du courant.

A cet effet, les conducteurs d'amenée de courant aux cuves des fours électrométallurgiques sont entremêlés pour réduire au minimum les effets de self-induction; de plus, le calcul des transformateurs d'alimentation des fours est fait de manière à réduire au minimum le courant à vide de ces transformateurs.

En ce qui concerne l'électro-chimie, le courant continu reprend l'avantage pour les installations d'électrolyse.

Nous signalerons comme installation très intéressante d'électrolyse à courant continu, celle des usines de zinc de Anaconda qui représente une puissance de plus de 50 000 kw.

Cette puissance est répartie entre six batteries parallèles de cuves d'électrolyse absorbant chacune 10 000 A sous 550 v, chaque batterie comportant 144 cuves, dans lesquelles on procède à l'électrolyse d'une solution de sulfate de zinc.

Le courant nécessaire est produit par des commutatrices hexaphasées, alimentées elles-mêmes par des transformateurs de 6 000 kv-A, recevant le courant du réseau primaire à 100 000 v pour l'abaisser à 400 v, la commutatrice le transformant en courant continu à 580 v.

Il y a en outre comme secours des groupes convertisseurs actionnés par des moteurs synchrones.

Le courant continu est également beaucoup plus avantageux que le courant alternatif dans la commande des appareils de levage, car il s'agit ici de résoudre un problème identique à celui de la traction électrique : couple puissant au démarrage, mise en vitesse rapide, freinage commode, possibilité de varier la vitesse dans des limites assez étendues.

Une nouvelle extension de l'emploi de l'électricité s'est révélée à nous, ces temps-ci, nous voulons parler de l'électro-culture.

Ici, grâce à la facilité de son installation, grâce à la dispersion inévitable de son emploi, le courant alternatif semble, pour le moment, tenir une place prépondérante, mais nous croyons cependant qu'au fur et à mesure de l'extension de l'emploi de l'électricité dans ce domaine particulier, le courant alternatif devra céder peu à peu la place au courant continu et pour les mêmes raisons que celles qui ont été exposées pour les applications de grosse puissance.

En effet, si nous admettons que dans les exploitations agricoles on installe un grand nombre de petits moteurs asynchrones alimentés par un nombre également grand de transformateurs, nous allons retomber dans les incon-

Digitized by Google

vénients ordinaires de mauvais rendement et de mauvais facteur de puissance et, tôt ou tard, nous serons obligés de recourir aux convertisseurs à moteur synchrone ou aux redresseurs à vapeur de mercure; pour le moment, où il faut surtout adapter le moteur électrique aux engins de culture, le moteur asynchrone suffit pour défricher en quelque sorte le champ des investigations, mais lorsque les problèmes mécaniques principaux auront été résolus et que la question de l'économie générale du réseau et des appareils se présentera, le moteur à courant continu réapparaîtra avec tous ses avantages.

Il y a d'ailleurs une raison d'ordre secondaire et que nous avons négligé jusqu'ici de produire, mais qui vient cependant aggraver les difficultés déjà grandes de l'emploi du courant alternatif, c'est la question si délicate de l'égale répartition des charges sur les circuits triphasés basse tension; cette question a déjà fait l'objet de nombreuses études, mais aucune solution générale n'a été indiquée — croyons-nous — et il faut reconnaître qu'aux défauts déjà considérables, du mauvais facteur de puissance, la difficulté de l'égale répartition des charges sur les trois phases des transformateurs, vient encore ajouter une cause du mauvais rendement à nos installations à courant alternatif.

Enfin, en ce qui concerne les applications diverses de la télégraphie, de la téléphonie et des signaux, la supériorité, dans ce domaine du courant continu, n'est plus à démontrer.

b) *Éclairage.* — Nous arrivons maintenant à l'une des applications les plus vulgarisées de l'électricité, celle qui pendant de longues années représenta la seule puissance utilisée des stations centrales, nous voulons parler de l'*éclairage*.

Lorsque l'on a voulu développer les installations en courant alternatif, les transformateurs statiques se sont montrés des outils tellement simples qu'il était tout indiqué de se borner à greffer les lampes sur les circuits secondaires de ces appareils, sans s'occuper de la qualité de la lumière que l'on allait ainsi fournir; or, deux griefs importants peuvent être faits au courant alternatif employé comme source de lumière :

a) Il est impossible de descendre au-dessous d'une certaine fréquence sans fatiguer considérablement les organes visuels.

b) Même pour une fréquence acceptable, les variations de tension qui se produisent sur certains réseaux d'éclairage placés dans le voisinage des réseaux de force motrice, sont également très fatigantes à supporter.

Il semble donc qu'il soit à recommander, chaque fois que la chose sera possible, de réaliser l'éclairage d'une grande usine ou d'un îlot de cité, à l'aide de courant continu obtenu, soit par des convertisseurs rotatifs, soit par des redresseurs à vapeur de mercure.

Il semble bien, en effet, que le courant continu fatigue beaucoup moins la vue que le courant alternatif et bien qu'en matière d'éclairage, la question du facteur de puissance ne se pose pas, les avantages physiologiques obtenus par l'emploi du courant continu, dans un cas aussi intéressant pour la majorité de l'humanité, doivent faire pencher la balance en faveur de l'emploi de ce courant.

c) *Accumulateurs.* — Nous avons laissé de côté jusqu'ici ces appareils si intéressants et qui constituent, à eux seuls, une nouvelle manifestation des avantages du courant continu.

En effet, il est bien évident que le courant alternatif, livré à lui-même, ne saurait nous donner des accumulateurs; pour constituer ces appareils, on est toujours obligé d'avoir recours à du courant continu et nous savons que, tandis qu'il est absolument impossible d'accumuler du courant alternatif, rien n'est plus simple que d'accumuler du courant continu.

On connaît les nombreuses applications des accumulateurs; mais nous croyons qu'il est intéressant de souligner que, depuis quelque temps, l'accumulateur a encore élargi son domaine en pénétrant dans la grande traction électrique.

On commence, en effet, à construire de puissantes locomotives pour trains de marchandises dont la propulsion s'obtient uniquement à l'aide de batterie d'accumulateurs; nous citerons en outre pour mémoire les petites locomotives pour traction électrique dans les Mines, les lampes électriques portatives qui, appliquées également au Mines, ont permis d'augmenter le rendement des ouvriers, tout en leur apportant une sécurité plus grande dans leur travail.

Il y a un domaine dans lequel on cherche à nouveau à utiliser sur la plus grande échelle possible les accumulateurs, c'est celui des automobiles, et, en présence de la diminution progressive de nos approvisionnements en pétrole, les constructeurs d'automobiles se montrent de plus en plus disposés à vulgariser l'automobile à accumulateurs.

Nous vous avons déjà indiqué, il y a deux ans, que deux types principaux d'accumulateurs se disputaient le marché : l'accumulateur fer-nickel et l'accumulateur au plomb; le premier semblait, jusqu'à ces derniers temps, avoir la suprématie sur le marché; mais les partisans de l'accumulateur au plomb ont réagi vigoureusement et on peut dire que l'accumulateur, connu sous le nom de « Ironclad », offre tout autant de garantie de solidité, que l'accumulateur au fer-nickel et comme l'accumulateur au plomb a toujours montré plus de souplesse que l'accumulateur au fer-nickel, il semble bien que pour longtemps encore les deux sortes d'accumulateurs seront employés.

C. **Conclusion.** — Nous voudrions, pour conclure ce parallèle un peu court, jeter un coup d'œil d'ensemble sur toutes les applications possibles de l'électricité et dégager de l'examen de ces applications, un enseignement pour l'avenir. Toutefois, en présence de l'immense développement pris par les installations en courant alternatif, en présence de la politique d'unification des tensions qui a été décidée en France, il y a huit ans, il nous paraît assez difficile de pouvoir revendiquer maintenant,

Digitized by Google

pour le courant continu, une place au moins égale à celle de son concurrent.

Tout en réservant nos pronostics, pour les lignes de transport de force à très haute tension et en souhaitant même qu'il soit fait une part au courant continu dans les grandes transmissions d'énergie, restant à réaliser en France, nous pourrons, croyons-nous, conclure ainsi :

Chaque fois qu'il s'agira d'une application vulgaire de l'électricité, et chaque fois qu'il s'agira de défricher un champ d'action jusque-là vierge, il sera plus simple de faire appel au courant alternatif, ce qui ne veut pas dire que ce sera plus économique.

Mais, chaque fois que l'on voudra opérer un travail délicat, demandant à la fois de la souplesse et de la précision, il faudra revenir au courant continu par des transformations appropriées, en choisissant, dans chaque cas, la solution la plus économique pour ces transformations; une fois que l'on aura transformé les courants alternatifs primaires en courant continu d'utilisation, il ne faudra pas craindre de développer au maximum les applications du courant continu qui sera ainsi considéré comme un auxiliaire indispensable du courant alternatif, c'est-à-dire un auxiliaire capable de redresser les erreurs et les faiblesses inhérentes à la nature même du courant alternatif, le courant continu n'étant pas autre chose d'ailleurs que du courant alternatif amélioré.

Nous nous excusons de ne pouvoir faire franchement pencher la balance dans un sens, ni dans l'autre, mais ceci nous prouve, une fois de plus, qu'il n'y a pas, pour nous autres humains, de vérité intangible et que nous devons toujours nous contenter d'un médiocre à peu-près.

Nous ne voudrions pas terminer ce rapport sur une impression trop pessimiste, en ce qui concerne le courant alternatif et je crois que la téléphonie sans fil s'est chargée, depuis quelques années, de réhabiliter les courants alternatifs.

Le jour n'est peut-être pas très éloigné où après avoir servi à la transformation des sons, les appareils de production de haute fréquence, en rayonnant à travers l'espace des ondes de plus en plus puissantes, nous permettront, avec ces ondes mêmes, de transformer l'énergie électrique, dispersée dans l'espace, en énergie mécanique et ceci grâce à des appareils récepteurs, peut-être très différents de ceux que nous connaissons.

Sans vouloir anticiper sur l'avenir, nous savons déjà qu'il est possible, en plaçant des tubes de verre remplis de gaz rares, dans des champs électriques à haute fréquence, de produire la luminescence de ces tubes sans le concours d'aucun conducteur.

Pourquoi ne pas supposer qu'il sera possible de produire des ondes à haute fréquence capables de mettre, non plus des gaz, mais des engins électriques, en vibration suffisante pour que ces engins électriques accomplissent un travail mécanique?

C'est sur cette hypothèse séduisante que nous terminerons notre comparaison.

J. Mathivet.
Ingénieur.

LE QUATRIÈME SALON DE LA T. S. F.

Le quatrième Salon de la T. S. F. a eu lieu cette année du 28 octobre au 13 novembre, dans le cadre immense du Grand Palais dont il emplissait tout le premier étage, le rez-de-chaussée étant occupé simultanément par le Salon nautique.

Le visiteur non averti pouvait craindre de ne trouver qu'un nombre réduit d'exposants. Malgré cependant tout l'intérêt que gagnerait l'industrie radioélectrique, encore jeune, à rester dans les mains de quelques seuls pionniers sérieusement outillés matériellement et techniquement, avant d'être trop vulgarisée, le nombre des stands était en augmentation sur celui de l'année dernière. On en comptait en effet, près de 240 contre 200 en 1926, occupant une superficie totale de 4100 m², contre 2800, l'année dernière. Il y a donc progrès très marqué, surtout en surface occupée. Regrettons seulement que les dispositions locales et cette affluence aient nécessité d'établir un grand nombre de stands en profondeur plutôt qu'en façade. La présentation des appareils y perdait certainement et les recherches du visiteur en étaient moins aisées.

Postes récepteurs. — Le progrès se mesure nécessairement par comparaison. Or, en se rapportant aux expositions précédentes, on était frappé cette année de certaines caractéristiques générales des appareils récepteurs, à peu près communes à tous les constructeurs et qui sont en résumé : Présentation très luxueuse, et exclusivement luxueuse, grand nombre de lampes pour recevoir sur cadres, simplicité de réglage poussée parfois à l'exagération.

Cette tendance était déjà visible au Salon de 1926. Elle s'affirmait nettement cette année.

Il y a donc progrès quant à la suppression intéressante des antennes et à la simplification des manœuvres de réglage. Mais, il s'ensuit que la T. S. F. devient de plus en plus une industrie de grand luxe qui se ferme les portes de débouchés importants. En outre, les appareils les plus simples s'offrent dans des ébénisteries recherchées, de bois rares à plaquages travaillés. Ceux plus complets font l'objet de meubles d'intérieur artistiques, ou de postes du type « valise » pour le voyage ou le tourisme automobile. On manque ainsi le but de grande vulgarisation qui devrait être celui des émetteurs radiophoniques français, et qu'ils ne peuvent plus atteindre.

La simplification des manœuvres de réglages des récepteurs s'obtient surtout par le jeu d'une commande unique attaquant en synchronisme plusieurs des organes variables ou même leur totalité. On agit ainsi sur tous les condensateurs d'accord du poste; en même temps que se déroule derrière un voyant une bande indicatrice de l'accord des circuits en longueur d'onde pour chaque position de la commande unique.

Digitized by Google

Mais ce procédé exige l'emploi de matériaux de première qualité, assemblés avec beaucoup de soins et offrant une sécurité absolue de stabilité. L'ingéniosité des constructeurs s'est alors portée vers la petite mécanique de précision et a donné lieu à des solutions extrêmement élégantes du problème.

Cependant, il reste douteux qu'un récepteur à grande sensibilité comme on est en droit d'en attendre d'un montage à 5, 6 et 7 lampes, puisse fonctionner à plein rendement sur ce principe. La solution du problème de la simplification des réglages ne pourra être honnêtement qu'un compromis entre la nécessité d'une sélection toujours plus nécessaire, et le moins de tâtonnements possibles pour la recherche des émissions.

Donner dans l'un ou l'autre de ces extrêmes est très certainement contraire aux meilleurs principes commerciaux.

Signalons cependant, mais seulement pour leurs originalités, des récepteurs de radiophonie munis de touches analogues à celles des machines à écrire et qu'il suffit d'enclancher l'une après l'autre pour entendre successivement tous les concerts dont l'origine est notée sur leur bouton d'ivoire.

On pouvait compter les récepteurs à 3 ou 4 lampes. Par contre, ceux à 5, 6, 7, 8 et même 10 lampes étaient innombrables. C'est la faillite des systèmes dits à résonance pure, en faveur des montages à double hétérodyne ou changement de fréquence.

Parmi ceux-ci, on distingue encore ceux dits à superhétérodyne et ceux dits à modulation par lampe bigrille dont les principes techniques, quoique foncièrement différents comme l'ont montré les différentes polémiques à leur sujet, aboutissent sensiblement aux mêmes résultats pratiques. Par le nombre, cependant, les montages à lampes bigrilles semblaient supérieurs. Ces deux systèmes, convenablement adoptés, donnent en fait, des résultats réellement extraordinaires, comme la réception en fort haut-parleur, sur petits cadres, des émissions européennes les plus distantes. En relation avec ces dispositifs il y aurait encore, semble-t-il, à travailler sur les cadres récepteurs, que les constructeurs divers semblent avoir laissés en second plan. Pour se placer dans de bonnes conditions de réception, le cadre ne doit pas, en effet, présenter les mêmes caractéristiques s'il s'agit de petites ondes ou de grandes ondes. La solution simpliste consiste évidemment à disposer de deux cadres appropriés l'un aux petites ondes (200-700 m), l'autre aux grandes (1200-3000 m). Mais la méthode manque d'élégance. La substitution de l'un à l'autre, ajoutée au double encombrement d'organes difficilement élégants par eux-mêmes provoque souvent l'hésitation chez l'acheteur. Ne serait-il pas beaucoup plus indiqué de prévoir un cadre unique fait de plusieurs tronçons d'enroulements qu'un commutateur approprié (sur lequel il y aurait d'ailleurs beaucoup à travailler) relierait judicieusement en combinaisons série-parallèle, suivant la fréquence de l'onde à recevoir? La question est parfaitement connue et son application a déjà fourni d'excellents résultats. Il serait heureux de la voir se généraliser.

Une dernière remarque enfin, à propos de tous ces récepteurs à changement de fréquence : leurs adaptateurs leur donnent souvent des noms d'une fantaisie déconcertante pour le public profane et quelquefois ridicule pour le public compétent.

Pièces détachées. — Les pièces détachées étaient trop nombreuses pour qu'il soit possible de retenir l'intérêt vrai de chacune et de le rapporter ici avec le souci de n'en oublier aucune.

Les condensateurs variables surtout étaient légions. Ceux à variation linéaire de capacité ont à peu près totalement disparu pour être remplacés par ceux à variation linéaire de fréquence, ou de longueur d'onde. Leur construction mécanique et électrique a beaucoup gagné. C'en est fini de l'ancienne conception de l'isolant en masse. On ne trouve plus de ces flasques ou boîtiers épais en ébonite, bakélite, ou matière moulée donnant lieu à des pertes en haute fréquence considérables. Il ne subsiste que des assemblages métalliques avec pièces isolantes réduites au minimum, le plus souvent en bâtons de quartz pour les pièces de meilleure qualité. Les lames de ces condensateurs sont en métal plus rigide, et moins sujettes aux déformations entraînant des variations d'étalonnages.

Enfin le « vernier » autrefois en faveur, pour parfaire les réglages, est unanimement remplacé par des commandes directes à grande démultiplication atteignant parfois le rapport de 1/100. Cette conception est certainement meilleure. Le vernier laissait une part d'arbitraire dans le repérage. La commande directe et démultipliée donne toujours une indication absolue.

Des constructeurs présentaient plusieurs de ces condensateurs dont les rotors étaient montés sur le même arbre pour permettre une commande synchrone de plusieurs circuits dans le but de simplifier les réglages. Les stators étaient parfois mobiles par vis micrométrique pour rattraper les différences possibles entre les variations de capacités de plusieurs éléments synchrones.

Les bobines de self-inductance étaient moins nombreuses que les années précédentes. La tendance vers la présentation luxueuse a fait abandonner le principe des bobines amovibles, interchangeables en nids d'abeille ou autre style. Signalons seulement pour les ondes courtes, des petits enroulements en cuivre nu, a spires maintenues par des fils de coton le long de génératrices très espacées. Ces bobines doivent être certainement d'un excellent rendement, tant à la réception qu'à l'émission sous faible puissance.

On remarquait encore de nombreux accessoires, tels que des fiches, des jacks, des commutateurs, des supports isolants de tous genres et pour tous emplois, permettant des montages soignés et élégants où le quartz est l'isolant le plus en faveur.

Enfin, beaucoup de constructeurs présentaient des lots

Digitized by Google

complets de matériel destiné à réaliser des amplificateurs moyenne fréquence pour changeurs de fréquences; les transformateurs de ces lots revêtaient différentes formes (nids d'abeilles très réduits, fil massé, spirales plates très comprimées).

Sources d'alimentations. — L'accumulateur de chauffage des filaments de lampes (4 v) subsiste, le plus fréquemment, en bac ébonite ou matière moulée, et même en verre très épais, complètement fermé. Le chauffage par batterie de pile sèche, encore possible avec le récepteur à 3 ou 4 lampes, devient onéreux avec ceux à 6 ou 8 lampes. Il en est de même d'ailleurs pour la batterie d'alimentation des circuits d'anode des lampes. On substitue le plus souvent à celles-ci, et avec beaucoup de raison l'accumulateur de 80 ou 120 v, d'une capacité effective de 2 ou 3 A-H.

On note cependant l'apparition de nouvelles piles à liquide (4 et 80 v) tendant à remplacer les piles sèches.

Cette orientation, très justifiée, vers l'accumulateur, entraîne avec elle, le développement de redresseurs pour charge sur courant alternatif. Le nombre des dispositifs offerts était peut-être une des caractéristiques les plus frappantes de cette exposition. On en trouvait de tous les types connus : à lame vibrante, à vapeur de mercure, à ampoule thermoïonique, à cuve électrolytique (avec électrodes de tantale).

En opposition avec ces sources, on remarquait une foule de dispositifs d'alimentation directe des récepteurs sur le courant alternatif de secteur. Cette solution semble faire de rapides progrès vers une réalisation pratique.

Il n'était jusqu'alors possible d'obtenir, par ces dispositifs, que l'une des deux tensions nécessaires, 4 v ou 80 v, mais très difficilement les deux simultanément.

Le nombre des appareils complets présentés montre une réelle avance dans cette voie d'avenir. Les appareils forment un ensemble pratique dans un coffret fermé, comportant tous les organes nécessaires : transformateurs, valves de redressement, valves limiteurs d'intensité, dispositifs de polarisation des circuits de grille, rhéostats de réglage, appareils de contrôle, etc. Ils s'adaptent immédiatement à la plupart des récepteurs déjà enservice.

Il nous a toujours paru que cette mise au point serait d'un grand secours au développement commercial de l'industrie radio-électrique. Nous voulons croire que la solution tout à fait générale du problème paraîtra bientôt sur le marché. Elle existe évidemment déjà, à l'heure actuelle, avec les éléments thermo-électriques, mais à un prix d'achat tel que son débouché en est très limité.

Signalons enfin sur ce dernier point, avec surprise, d'ailleurs, que l'on rencontre difficilement des dispositifs d'alimentation sur courant continu de secteur, dont il y aurait cependant un placement certain.

Haut-parleurs. — Le haut-parleur à pavillon métallique a cédé beaucoup de terrain au diffuseur dont les recherches de présentation artistique sont parfois heureuses. Ces haut-parleurs sont peut-être moins puissants que les premiers, mais aussi combien plus agréables à entendre.

Lampes. — Sur la demande pressante des usagers, les frabricants de lampes ont fini, à l'exemple plus pressé de l'étranger, par construire un type de lampe spécial pour chaque emploi, tous ces types étant à filament thorie de faible consommation. C'est ainsi que l'on trouve maintenant des triodes spécialement adaptées à : l'amplification en haute fréquence, la détection, l'amplification moyenne fréquence des montages superhétérodyne, l'amplification basse fréquence normale ou en puissance. Il est incontestable que ces lampes augmentent très sensiblement les ressources des appareils récepteurs.

A l'émission, la gamme des triodes s'étend aussi, notamment vers les fortes puissances. On trouve enfin des valves de redressement pour tous usages normaux et des lampes spéciales, à gros filament, pour le fonctionnement des récepteurs, sur courant alternatif redressé.

Matériel professionnel et divers. — Plus rares, mais plus intéressants aussi, étaient les constructeurs présentant du matériel radio-électrique destiné aux emplois professionnels et militaires. On remarquait entre autres, à cet égard, des émetteurs de bord, à ondes amorties, de 0,5 et 1 kw, pour la marine marchande; des appareils d'armée, et des ensembles émetteurs récepteurs pour les aviations civiles et militaires, un cadre radiogoniométrique de marine. Ces appareils sont conçus dans un but avant tout utilitaire, c'est-à-dire sans recherche de luxe, mais avec un grand souci de fini, de robustesse et de faible encombrement. Ces fabricants constituent le fondement de l'industrie radio-électrique en France, et méritent à cet égard, plus d'attention que ne leur en a porté la grande masse des visiteurs.

On remarquait encore des appareils télautographiques de M. Edouard Belin; une liaison télégraphique Baudot-Verdan, un radio-phare complet, un dispositif de soudage pour ultra-sons, des redresseurs à vapeur de mercure pour l'alimentation de postes émetteurs puissants, tous appareils industriels et scientifiques qu'il ne rentre pas dans cette étude d'analyser, mais qui ont déjà retenu ici plusieurs fois l'attention du lecteur et dont nous ne pouvions manquer de signaler la présence à cette exposition.

En résumé le 4e Salon de la T. S. F., grâce à son comité d'organisation qui comprend : MM. G. Olivetti, président; R. Tabouis, A. Serf, secrétaire, et à l'empressement avec lequel ont répondu tous les constructeurs, marque le bel effort de notre industrie radioélectrique vers la fabrication sérieuse, élégante, et qui s'inspire des perfectionnements de la technique dernière. Cette constatation est très encourageante, surtout à la veille d'une situation commerciale rendue plus difficile par de récents traités. Souhaitons qu'en haut lieu on sache favoriser cet effort et lui conserver ses débouchés si durement et légitimement acquis.

J. Morel.

Digitized by Google

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 1er août 1927.

L'échauffement des tissus par les courants de haute fréquence, par M. d'Arsonval.

Dans des Communications antérieures, dont la première *imprimée* figure aux *Comptes rendus de la Société ds Biologie* du 25 avril 1891, j'ai signalé les remarquables effets physiologiques des courants de haute fréquence, effets déjà exposés *oralement* dans mes leçons du Collège ds France de 1889-1890.

Dans de nombreuses Notes, j'ai fait connaître à l'Académie les résultats de mes recherches successives et décrit les moyens employés pour produire et appliquer pratiquement ce genre de courants en clinique (1).

Parmi les nombreux effets physiologiques que j'ai signalés, celui qui a le plus frappé les médecins et leurs clients, c'est l'énorme quantité de chaleur que le passage de ces courants développe dans les tissus qu'ils traversent.

Cette sensation est la seule perçue et la seule qui limite l'intensité supportable par le sujet en expérience.

J'ai montré qu'on pouvait par ce moyen détruire tous les tissus et pratiquer sur l'animal des amputations de membres entiers qui s'éliminaient ensuite aseptiquement, la cicatrisation se faisant spontanément et sans suppuration (2).

Le professeur autrichien Moriz-Benedikt, de Vienne, a proposé en 1899 (*Wiener Medicinische Wochenschrift*, n° 5, 1899) d'appeler *d'Arsonvalisation* ce nouveau mode d'électrisation par analogie avec les vocables déjà employés par les électrothérapeutes : *Franklinisation*, *Voltaïsation*, *Galvanisation*, *Faradisation*.

Cette dénomination a été consacrée définitivement par le Congrès international de Physiothérapie tenu à Berlin en avril 1913.

Rien d'étonnant, par conséquent, à ce que ces effets thermiques des courants de haute fréquence soient à l'heure actuelle l'objet d'un engouement général de la part des cliniciens de tous les pays, parce que leurs résultats, étant *vus et sentis immédiatement* par le médecin et par le malade, ne peuvent être contestés.

Quelque remarquables que soient ces effets thermiques de la haute fréquence, ils sont loin d'être les seuls, comme je n'ai cessé de le soutenir et de le montrer.

Ils n'expliquent pas l'action de la haute fréquence sur l'atténuation, par exemple, des cultures microbiennes et des venins *congelés* que j'ai signalée avec mon assistant Charrin en 1893 (3), pas plus que les effets généraux sur la nutrition, la circulation, les sécrétions internes, le système sympathique, l'évolution de la cellule, le changement de constitution des colloïdes organiques, etc., tous effets qu'on obtient par le passage de courants de haute fréquence n'élevant pas sensiblement la température des tissus.

Je n'envisagerai dans cette note que les effets thermiques.

On a dit que l'échauffement des tissus par haute fréquence était dû *uniquement* à *l'effet Joule*. C'est une erreur que j'ai pu constater dès le début de mes expériences.

S'il en était ainsi la même sensation d'échauffement aux poignets devrait être éprouvée en prenant dans les mains les rhéophores et en maintenant *constante* l'intensité du courant qui traverse les membres supérieurs. Une expérience, faite en juin et juillet 1893 sur Cornu et Marey et souvent répétée sur moi-même, montre qu'il n'en est rien. Cornu, dans la Note personnelle qu'il ajoutait à ma présentation (4), constate que le courant de 800 milliampères qui traversait leurs poignets ne *produisait aucune sensation appréciable*. Quelques jours plus tard même expérience répétée sur les mêmes sujets, dans les mêmes conditions, en présence de Brown-Séquard, Bouchard, Lipmann et de quelques médecins :

Marey éprouve une sensation de chaleur aux poignets intolérable, Cornu presque rien. Depuis, de nombreux cliniciens m'ont signalé le même phénomène observé sur le même malade, à des jours différents.

Pour éliminer les facteurs pouvant tenir aux variations de la circulation ou de la sensibilité du sujet j'opère tout d'abord sur un liquide chimiquement et physiquement défini : la solution physiologique de chlorure de sodium, dans l'eau distillée à 6 pour 1000.

La solution est placée dans une petite cuve en verre de de 50 cm³ de capacité, comportant 2 électrodes parallèles en platine, de 4 cm × 2 cm écartées de 2 cm et un thermomètre sensible *à alcool*.

L'appareil de haute fréquence est mon modèle médical classique des établissements Gaiffe muni d'un ampèremètre thermique.

Le courant est maintenu constant à 500 milliampères pendant deux minutes dans chaque expérience.

La solution est graduellement étendue d'eau distillée de résistivité égale à 420000 ohms; la résistance la cuve étant de 60000 ohms et la constante de la cuve égale à 7. Même expérience avec de l'eau potable, du sérum de cheval et de l'urine humaine.

Les échauffements correspondant aux différentes dilutions et leurs résistances sont consignés dans le tableau ci-dessous :

SOLUTION Na Cl		EAU POTABLE		SÉRUM CHEVAL		URINE	
R.	E	R.	E.	R.	E.	R.	E.
15 ω. . . .	2 °	500 ω. .	51°	50 ω. .	8°	6 ω. .	0.5°
115. . . .	10	550. . .	47	70. . .	10	16. . .	2
180. . . .	19	800. . .	88	175. . .	24	55. . .	6
560. . . .	50	1700. . .	68	260. . .	52	70. . .	9
500. . . .	60	3100. . .	60	550. . .	50	125 . .	17
750. . . .	80	3500. . .	51	1150. . .	84	150 . .	82
1200. . . .	90	9000. . .	16	5000. . .	56	1150. . .	80
1500. . . .	96	12500. . .	9	4500. . .	54	2100 . .	72
2500. . . .	80	17000. . .	8	10000. . .	12	6000 . .	26
8000	16	22000. . .	4	25000. . .	4	11000. . .	10
11000. . . .	10					21000. . .	4
22000. . . .	4					27000. . .	2
30000. . . .	3						
55000. . . .	2						

La chaleur spécifique de ces différentes solutions est sensiblement la même : celle de l'eau, on voit que l'échauffement croit d'abord avec la résistivité de la solution, passe par un maximum et décroît ensuite pour toute les solutions expérimentées. L'effet Joule n'explique par cette anomalie d'un même échauffement pour une résistance variant de 15 à 55000 ohms dans le cas de la solution de Na Cl de 500 à 5500 ohms pour l'eau de marne, etc.

Il y a certainement d'autres facteurs qui interviennent. Les plaques de la cuve et le liquide interposé constituent non seulement une *résistance*, mais aussi un *condensateur* qui

(1) *Comptes rendus*, 116, 1893, p. 1550; 117, 1893, p. 37; 125, 1896, p. 18; 133, 1901, p. 1297; 138, 1904, p. 325 et 525; 121, 1895, p. 145; 122, 1896, p. 280, et *Bull. Soc. intern. Electr.*, 9, avril 1892, p. 146; 14, avril 1897, p. 256; 2e série, 10, avril 1910, p. 241.

(2) Voir *Comptes rendus*, 133, 1901, p. 1297.

(3) *C. R. Société de Biologie*, 5, 1893, p. 467 et 764.

(4) *Comptes rendus*, 117, 1913, p. 57.

Digitized by Google

s'échauffe par suite de phénomènes d'*hystérésis* ou de *viscosité diélectrique* à ces hautes fréquences. Pour maintenir l'intensité constante, à 500 milliampères, on fait forcément varier la fréquence.

L'échauffement du liquide traduit la somme algébrique de ces différents facteurs d'échauffement qui peuvent varier dans le même sens ou en sens contraire.

Dans le cas où le diélectrique interposé entre les électrodes est un tissu vivant, par conséquent non homogène et très complexe, ces effets s'accentuent. Je ne parle pas de l'effet Thomson (Skin-Effect), j'ai montré expérimentalement (et le calcul confirme) qu'il est négligeable en diathermie, étant données la grande résistivité des tissus et les fréquences usitées en médecine.

Conclusions. — *L'ampèremètre thermique ne suffit pas pour renseigner sur le degré d'échauffement des tissus en diathermie* :

Aucun inconvénient quand la partie électrisée est *sensible*. Dans ce cas la sensation du malade renseigne le médecin sur l'intensité qu'il serait dangereux de dépasser.

Il n'en est plus de même dans les cas de paralysie de la sensibilité. On peut littéralement cuire le tissu à l'insu de l'opérateur et de l'opéré, comme cela est déjà arrivé. En pareille occurrence, il faut mesurer l'échauffement du tissu à l'aide d'une de mes aiguilles thermo-électriques (1) reliée à un de mes galvanomètres à circuit mobile, ainsi que je l'ai conseillé dès le début et réalisé à l'hôpital Cochin. Je n'ai envisagé dans cette Note que l'échauffement par l'application *directe* de la haute fréquence. Dans une prochaine Communication, j'étudierai l'échauffement dans les cas d'applications indirectes : par *condensation* (chaise longue) et par *induction* (solénoïde ou cage).

Sur les équations de l'électromagnétisme par MM. Gouseth et Juvet.

Sur la théorie du paramagnétisme, par M. Cabrera. (Communication essentiellement théorique. Voyez les *Comptes rendus*.)

Séance du 8 août 1927.

Pas de communication présentant un caractère électrique.

Séance du 17 août 1927.

Sur la proportion des vapeurs nitreuses au voisinage d'une lampe à arc pour traitement médical, par M. J. Dadlez.

Dans une Note récente (2), Kohn-Abrest a signalé l'intérêt que présentait, au point de vue de l'hygiène, la démonstration de l'existence de vapeurs nitreuses dans l'air. Il a institué un procédé très simple pour en effectuer le dosage sur place, et constaté ainsi qu'il n'y avait pas production de peroxyde d'azote lors du fonctionnement des lampes en quartz à rayons ultraviolets, fait rassurant pour la salubrité de l'air des cliniques.

J'ai pensé, à la suite de ces travaux, qu'il serait utile de les étendre à la recherche des vapeurs nitreuses produites par le fonctionnement des *lampes à arc* pour traitement médical et d'en tirer toutes conclusions utiles au point de vue de l'hygiène.

Dans les expériences que j'ai entreprises à cet effet, l'air était prélevé à la distance variable d'une lampe à arc (Chenaille).

Le dosage des vapeurs nitreuses a été effectué par le procédé Kohn-Abrest en opérant de la manière suivante :

Dans un flacon de 4^l où règne le vide, on fait pénétrer 10 à 12 cm^3 de soude à 1 pour 100, l'air est ensuite prélevé par aspiration. Après agitation, la solution de soude est introduite, étendue, dans une fiole, additionnée de 5 à 6 cm^3 d'acide sulfurique $\frac{1}{5}$ et titrée au permanganate $\frac{N}{10}$.

Ce procédé a été vérifié par absorption de volumes connus de bioxyde d'azote. La présence de l'ozone dans l'air est sans influence, même à raison de 1,8 mg. par mètre cube.

Voici les résultats des expériences :

CUBE du local (en mètres cubes).	DISTANCE de la lampe (en centimètres).	DURÉE du fonctionnement de la lampe (en minutes.)	TENEUR en acide nitrique par litre d'air (en milligr.).
50	4	2 à 15	0,78 à 0,84
50	50 à 80	2	négatif
50	50 à 80	5 à 10	0,07
50	50 à 80	30	0,15
14	4	1	0,6 à 0.8
14	60 à 70	5	0,17
14	50 à 70	10	0.22

La réaction à la diphénylamine sulfurique était positive dans tous les essais et son intensité correspondait à la teneur d'acide nitrique, déterminée par l'autre procédé.

Je rappellerai que Hasegawa (1) a constaté sur lui-même que 0,16 mg. d'acide nitrique par litre d'air provoquait de l'irritation légère des muqueuses de la gorge, que 0,26 étaient fortement irritants, en provoquant de la toux, enfin que 0,56 mg cessaient d'être supportables au bout de 10 minutes.

D'après Diem (2) l'irritation se produirait déjà avec 0,05 mg par litre d'air. En expérimentant sur moi-même j'ai constaté que les premiers symptômes se manifestèrent avec une teneur de 0,14 mg à 0,16 mg d'acide nitrique par litre d'air. Par contre, une teneur au-dessous de 0,1 mg n'a produit même après 50 minutes aucune irritation.

En comparant la dose irritante (0,14 mg à 0,16 par litre d'air) avec la quantité (0,08 mg) d'acide nitrique, produite à la distance de 50 à 70 cm, après 20 min de fonctionnement d'une lampe à arc placée dans une grande pièce, on est amené à conclure qu'il n'y a dans ces conditions aucun danger. Au contraire, dans une petite pièce à la même distance, la proportion d'acide nitrique atteint rapidement 0,17 mg, dépasse après 10 min 0,2 mg, et l'atmosphère s'est chargée d'une proportion toxique de vapeurs nitreuses. Pour éviter cet inconvénient il importe d'assurer une ventilation efficace.

Sur le paramagnétisme des familles du palladium et du platine par M. Cabréra et M. Dupérier. (Communication théorique. (Voyez les *Comptes rendus*.)

---

(1) Voir Claude Bernard, *Leçons de Physiologie opératoire*, Paris, 1879, p. 469. J.-B. Baillière, éditeur.

(2) E. Kohn-Abrest, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 482.

(1) Lehmann und Hasegawa, *Arch. f. Hyg.*, 77, 1912-1913, p. 525.

(2) Lehmann und Diem, *Arch. f. Hyg.*, 77, 1912-1913, p. 511.

Digitized by Google

Séance du 22 août 1927.

Les phénomènes électrocapillaires et les ions, par W. Kopaczewski et M. Rossowski.

Après avoir élucidé le rôle des facteurs physiques dans les phénomènes électrocapillaires qui accompagnent l'ascension des colloïdes dans les papiers-filtres, nous avons examiné celui des ions (1).

1. *Les cathions.* — Nous avons étudié l'action des concentrations M/1000 des cathions monovalents (Li, Am, Na, K et Cs), bivalents (Ca, Sr, Ba, Mg, Zn, Cd, Hg, Cu, Co, Ni, Mn, Pb, Va, U), trivalents (Al, Fe, Ce et La) et tétravalents [Sn(?) et Th.]. Les substances employées étaient des chlorures purs.

D'une manière générale l'action de cathions se manifeste surtout sur les colloïdes électronégatifs, en diminuant leur ascension capillaire et, même, en la supprimant complètement, parfois avant toute floculation visible du colloïde et avant toute modification de sa couleur. Néanmoins, l'action des cathions sur les colloïdes positifs et surtout celles des cathions polyvalents est parfois aussi énergique : ainsi l'ion Th^{++++} renverse l'image capillaire des colloïdes colorés — le colloïde électronégatif est totalement floculé — tandis que le colloïde positif accuse une ascension égale à celle de l'eau distillée. Même tableau s'observe avec le Fe^{+++}. *L'action de certains cathions est tellement impressionnante que même en dilution de* M/1 000 000 *elle ne fait pas l'ombre d'un doute : c'est le cas du fer.* La présence de cet élément en concentration de 5 mg, 25 pour 100 est bien décelable par l'analyse électrocapillaire; le rôle de cet élément dans le phénomène électrocapillaire est de toute importance. L'action de l'ion Fe^{+++} dépasse de beaucoup celle de l'ion Th^{++++}, ce qui constitue une exception à la règle de valences.

De ces exceptions nous en avons observé bien d'autres : parmi les cathions bivalents : Hg, Cu, Pb et U ont une action particulièrement énergique sur les colloïdes positifs et cette action dépasse parfois celle des ions trivalents, fer excepté. Nous avons déjà insisté au sujet de ces irrégularités et nous nous proposons d'y revenir encore (2).

Nous avons étudié tous les sels solubles de sodium.

2. *Anions.* — L'action des anions est inverse, d'une manière générale, à celle des cathions : dans ce cas la capillarisation des colloïdes électropositifs, déjà faible par elle-même, est totalement supprimée. Mais, dans ce cas également, nous avons observé des exceptions à la règle des valences : certains ions ont une action particulièrement énergique. Parmi les anions bivalents, citons : *m*-vanadate et iodure; parmi les bivalents : chromate, bichromate, tellurate, séléniate, tungstate; parmi les trivalents, l'action de ferrocyanure est de beaucoup plus énergique que celle de phosphate ou de *o*-vanadate. Mais, étant donné que l'ascension électrocapillaire des colloïdes positifs est par elle-même déjà très faible, les différences que l'on a observées ne sont point aussi frappantes que dans le cas des cathions.

3. *Les ions.* — Cette action a été étudiée à part. Nous avons reconnu que les concentrations isomoléculaires de divers acides organiques et inorganiques n'ont point une action identique. Nous avons donc essayé de voir, si seul l'ion d'hydrogène possède dans le cas des acides une importance. Dans ce but nous avons additionné les colloïdes colorants de solutions-tampons de Mc Ilvaine, donnant une gamme de concentration en ions H^+ allant de 2,0 à 8,0 (3). De ces expériences il résulte qu'à partir de $pH^+ = 4,4$ l'action de ces ions est très nette : le colloïde positif accuse alors une pénétration électrocapillaire aussi grande que les colloïdes négatifs dans le milieu aqueux; par contre le colloïde électronégatif est alors, dans ce milieu acide, totalement arrêté dans son ascension capillaire.

Après avoir préparé une série d'acides inorganiques et organiques en concentrations telles pour chacun d'eux que leur concentration finale en ions H^+ était toujours $pH^+ = 4,0$, nous avons pu nous convaincre que l'action des acides étudiés était loin d'être concordante : l'image de la pénétration électrocapillaire de nos colloïdes en présence des acides HCl et HNO^3 se superposait avec celles des solutions-tampons; mais, pour l'acide H^2SO^4 l'écart est déjà sensible; pour H^3PO^4. L'action est paradoxale : le colloïde positif est floculé et, naturellement, aucune pénétration capillaire n'a pu être constatée. Mêmes divergences se manifestent avec les acides organiques : l'action favorisant la pénétration des colloïdes positifs exercée par les acides formique et acétique est de beaucoup plus grande que celle de l'acide oxalique ou citrique.

Ces résultats démontrent que dans les actions des acides et des bases dans la pénétration électrocapillaire des colloïdes l'importance des ions H^+ n'est pas le seul facteur dominant, les anions jouent également un rôle, parfois aussi important.

Cette conclusion, que nous avons déjà formulée en 1912 à propos des actions catalytiques des ions H^+ (1), vient d'être récemment corroborée par un travail de Hermann (2) concernant la floculation des colloïdes.

En résumé, les différents ions (anions ou cathions) permettent de renverser le sens de la pénétration électrocapillaire des colloïdes ou tout au moins, de l'augmenter ou de l'affaiblir. L'action de certains ions — le fer en particulier — est tellement intense que l'introduction de cet ion en concentration M/1 000 000 *se manifeste déjà avec la plus grande netteté : le colloïde positif, dont la pénétration électrocapillaire est très faible, accuse alors une ascension dans le papier-filtre, égale à celle d'un colloïde négatif.*

Les anions agissent surtout sur la pénétration des colloïdes positifs et certains parmi eux possèdent une action particulièrement intense.

Les ions d'hydrogène possèdent une influence très énergique sur l'ascension électrocapillaire, mais cette action ne représente pas la totalité de l'action d'un acide : les anions interviennent parfois, à titrer prépondérant.

Sur la façon de se comporter de divers métaux dans l'électrolyse de l'eau par le courant alternatif, par M. A.-P. Rollet.

Dans une Communication antérieure, j'ai montré, en collaboration avec M. Hackspill, que, dans l'électrolyse avec courant alternatif du système argent-soude-argent, le dégagement gazeux (mélange tonnant dans les proportions de l'eau) ne se produisait qu'au-dessus d'une densité de courant donnée, dépendant de l'état de la surface du métal, de la température et de la pression.

Récemment (3) des auteurs américains sont arrivés aux mêmes conclusions; ils nomment densité de courant critique cette densité de courant pour laquelle les gaz apparaissent.

J'ai poursuivi l'étude de l'apparition du dégagement gazeux. Voici quelques résultats. Pour en faciliter l'exposé je donne succinctement quelques détails expérimentaux.

Le courant électrique utilisé est un courant sinusoïdal de fréquence 50. Les mesures sont faites en observant la surface

(1) W. Kopaczewski et W. Zukiewicz, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1443-1445.

(2) W. Kopaczewski *Arch. internat. Médecine expér.*, 2, 1926, p. 381-415.

(3) W. Kopaczewski, *Les ions d'hydrogène* (Paris, 1926; Gauthier-Villars, éditeurs).

(1) W. Kopaczewski, *Les ions d'hydrogène* (Paris, 1926; Gauthier-Villars, éditeurs).

(2) E. Hermann, *Thèse de Lausanne*, 1926.

(3) J. W. Shipley et Goodeve, *Trans. Am. Electrochem. Soc.*, 51 1927, p. 24.

Digitized by Google

des électrodes sous un certain grossissement et en notant l'intensité du courant au moment de l'apparition des bulles gazeuses. L'électrode est polie au voisinage du poli spéculaire et vernie de façon à ne laisser libre que la face antérieure. Tant que le métal est poli on retrouve des chiffres identiques, mais au fur et à mesure que le courant passe, l'électrode se recouvre de métal réduit, et le chiffre exprimant la densité de courant critique croît plus ou moins vite suivant le métal employé. Toutes les mesures ont été faites dans les premiers temps du passage du courant, quand le métal possède encore le poli spéculaire.

I. J'ai pu constater que la densité de courant pour laquelle le dégagement gazeux apparaît ne dépend pas de la force électromotrice alternative. En d'autres termes, quelle que soit la différence de potentiel alternative appliquée aux bornes de la cuve, il faut réaliser une densité de courant égale à la densité critique pour faire apparaître les premières bulles de gaz.

En cherchant à faire baisser le plus possible la différence de potentiel tout en maintenant le dégagement gazeux (la densité de courant étant supérieure à sa valeur critique) j'ai constaté qu'il n'y avait pas formation des bulles gazeuses en dessous d'une certaine différence de potentiel alternative. La valeur maximum de la sinusoïde, tension en fonction du temps, donne alors sensiblement ce que l'on appelle la tension mi-

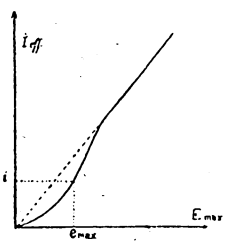


Fig. 1.

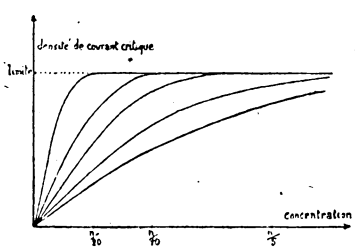


Fig. 2.

nima d'électrolyse en courant continu. Par exemple, avec le platine poli, si les deux électrodes sont d'égale grandeur, il faut une force électromotrice d'au moins 1,70 volt maximum, pour avoir formation de bulles. Avec des électrodes de surfaces différentes le chiffre peut s'abaisser jusqu'à 1,10 volt maximum.

La variation de l'intensité en fonction de la différence de potentiel alternative aux bornes de la cuve se traduit par une droite passant par l'origine. Dans certains cas (électrodes de moins de 1 mm² de surface) il se produit une sorte de dépression au début de la droite (fig. 1) de telle sorte que pour la différence de potentiel minimum d'électrolyse e, l'intensité i donne bien une densité de courant inférieure ou au plus égale à la densité critique; de cette façon aucun dégagement n'a lieu en dessous de e.

II. En étudiant l'influence de la concentration, j'ai pu constater le fait suivant : pour une surface donnée d'électrode, la densité de courant caractérisant l'apparition des bulles de gaz croît jusqu'à une valeur limite pendant que croît la concentration. Cette valeur limite est très rapidement atteinte avec des petites électrodes, plus lentement avec des électrodes de grande surface (fig. 2).

Sans m'attarder sur ce phénomène qui fera l'objet d'une Communication ultérieure, je signale ce fait intéressant de l'existence d'une limite constante, pour un métal et un électrolyte donné, quelle que soit la concentration de ce dernier, tout au moins entre $\frac{n}{20}$ et 2 n comme j'ai pu le constater.

Voici, exprimées en milliampères efficaces par centimètre carré de métal poli, les valeurs des limites pour différents métaux.

Température : 20°. *Fréquence du courant alternatif :* 50.

	Co.	Au.	Ni.	Pt.	Fe.	Cu.	Ag.	Pb.
Electrolyte KOH. . . .	175	221	260	355	480	515	605	670
Electrolyte SO^4H^2 . . .	—	107	—	198	—	—	—	—

Ces chiffres caractérisent en quelque sorte chez chaque métal sa capacité de recombinaison des produits de l'électrolyse; cette capacité variant d'ailleurs avec la nature de l'électrolyte. Dans le cas de la potasse, le cobalt est le métal qui dégage le plus facilement les gaz et le plomb celui qui recombine le mieux l'oxygène et l'hydrogène qui se forment successivement à chaque alternance du courant.

Chaque métal se trouvant ainsi caractérisé par un chiffre, m'a paru intéressant d'examiner la façon de se comporter des alliages.

Cette étude est en cours.

Séance du 29 août 1927

Formules des courbes de magnétisme dans les machines électriques et des courbes d'induction dans les tôles, par M. Frantz Cathelin.

Les courbes de magnétisme des machines électriques peuvent se représenter par la formule

$$\Phi = K \frac{i}{\sqrt{a + bi + i^2}},$$

Φ étant le flux; i le courant magnétisant; K, a, b des constantes.

Cette relation permet de tenir compte de la saturation pour calculer les valeurs du courant dans les régimes transitoire ou permanent.

I. *Loi d'établissement du courant, sous tension constante, dans une bobine à circuit magnétique avec entrefer.* — Soient : n le nombre de spires de cette bobine; r sa résistance; U la tension appliquée à ses bornes; I_0 le courant permanent.

L'équation différentielle qui doit être satisfaite est

$$U = ri + n\frac{d\Phi}{dt}.$$

Si l'on pose

$$z = \sqrt{a + bi + i^2} + i$$

et si l'on appelle z' et z'' les racines de l'équation

$$a + bI_0 + 2I_0 z - z^2 = 0,$$

on trouve

$$\frac{2r}{nk}t = A\log_e(z + z') - B\log_e(z'' - z) + \frac{E}{2}\log_e(a + bz + z^2)$$

$$- \frac{1}{2}\frac{C}{a + bz + z^2} + \frac{2D - Cb}{4}\frac{z + \frac{b}{2}}{a'^2(a + bz + z^2)}$$

$$+ \frac{1}{a'^2}\text{arc tang}\frac{z + \frac{b}{2}}{a'}\left(F + \frac{2D - cb}{4a'}\right) + \text{const.}$$

avec

$$a' = \sqrt{a - \frac{b^2}{4}}.$$

II. *Loi de décroissance du courant.* — L'équation différentielle

$$0 = ri + n\frac{d\Phi}{dt}$$

Digitized by Google

s'intègre par le même changement de variable que ci-dessus.

III. *Loi d'auto-excitation des génératrices à courant continu.* — Soient : n le nombre total de spires des inducteurs; r leur résistance; E_0 la f. é. m. développée dans l'induit par l'unité de flux à la vitesse considérée.

L'équation du problème est ici

$$E_0\Phi = ri + n\frac{d\Phi}{dt}$$

avec

$$i = \frac{k'_1\Phi}{\sqrt{A'^2 - \Phi^2} - C'\Phi}.$$

Si l'on pose

$$z = \frac{\sqrt{A'^2 - \Phi^2} + A'}{\Phi}$$

et si l'on appelle z' et z'' les racines de l'équation

$$\left(A' - \frac{rk'_1}{e_0}\right)z^2 - 2A'C'z - \left(A' + \frac{rk'_1}{e_0}\right) = 0,$$

on trouve

$$\frac{e_0}{n}t = \log_e\Phi - [A_1\log_e z + B_1\log_e(z - z') + C_1\log_e(z + z'')] + \text{const.}$$

IV. *Courbes d'induction dans les tôles.* — Ces courbes peuvent se représenter par la formule

$$\mathfrak{B} = \mathfrak{IC} + \frac{\mathfrak{IC}}{\sqrt{\frac{b'}{\mathfrak{IC}^2} + \frac{a'}{\mathfrak{IC}} + a + b\mathfrak{IC} + c\mathfrak{IC}^2}} + \left(\frac{\mathfrak{IC} - \mathfrak{IC}_0}{\sqrt{\frac{A'}{(\mathfrak{IC} - \mathfrak{IC}^0)^2} + A + B(\mathfrak{IC} - \mathfrak{IC}_0) + C(\mathfrak{IC} - \mathfrak{IC}_0)^2}}\right)^{-\frac{1}{2}},$$

b', a', a, b, c, A', A, B et C étant des constantes. $\mathfrak{IC}_0$ est la valeur du champ pour laquelle la fonction représentée par le deuxième terme du second membre cesse d'être osculatrice à la courbe de $\mathfrak{B}$.

Pour une certaine qualité de tôle, nous avons déterminé les constantes suivantes, pour $\mathfrak{B}$ compris entre 0 et 25 000 C. G. S. :

$$\mathfrak{B} = 100\frac{\mathfrak{IC}}{\sqrt{\frac{1,084}{\mathfrak{IC}} - 0,5497 + 0,585 + 0,00526\mathfrak{IC}^2}} + 1000\left(\frac{\mathfrak{IC} - 80}{10\sqrt{\frac{541\,200}{(\mathfrak{IC} - 80)^2} + 20,59 + 0,002(\mathfrak{IC} - 80)}}\right)^{\frac{1}{2}} + \mathfrak{IC},$$

le champ étant exprimé ici en ampères-tours par centimètre.

Sur les applications d'un type particulier d'amplificateur à réaction, par M. P. Lejay.

On sait qu'il est possible de provoquer les phénomènes dits de réaction, dans les appareils utilisant les lampes triodes, sans l'intermédiaire souvent gênant de selfs et de capacités, et d'étendre leurs effets amplificateurs à toutes les fréquences, et même à l'amplification des variations de courants continus.

Il suffit de disposer dans le circuit de plaque d'une lampe L (lampe amplificatrice) une résistance ohmique R assez faible pour ne pas troubler le régime de la lampe, et d'appliquer les variations de potentiel recueillies aux bornes de cette résistance à une seconde lampe (lampe de réaction) L', dont le circuit de plaque contient une autre résistance R' disposée de telle sorte qu'elle fasse aussi partie du circuit de grille de la lampe L; à toute variation du potentiel de grille de la lampe amplificatrice, correspond une variation supplémentaire du potentiel de la même grille (1).

Soient K et K' les coefficients d'amplification en volts des lampes L et L', r et r' leurs résistances intérieures, supposons que leurs caractéristiques soient rectilignes, et que, R étant petit devant r, les potentiels de plaques puissent être considérés comme constants; le courant de plaque i de la lampe L est donné en fonction du potentiel de grille u par une expression de la forme

$$i = \text{const.} + \frac{r' + R'}{K'}\frac{1}{\frac{r(r' + R')}{KK'} - R}u.$$

Les valeurs des résistances R et R' peuvent être choisies de telle sorte que le coefficient d'amplification du système soit très grand, le système est alors au voisinage d'une discontinuité.

En combinant, par exemple, une lampe de réception dite de puissance et une lampe ordinaire, on peut prendre R' = 40 000 ohms et R *variable de* 100 *à* 250 *ohms*.

L'appareil très simple ainsi réalisé se prête à un certain nombre d'applications variées que nous allons résumer. Il est intéressant de noter que toutes les expériences suivantes ont été faites avec le *même appareil*, qui ne contient en dehors des lampes qu'une résistance fixe et une résistance variable.

I. *Détection.* — Au voisinage de la valeur R_0 de R qui rend le coefficient d'amplification infini, l'expérience révèle une discontinuité irréversible : si, quand on fait croître lentement le potentiel de grille, l'augmentation brusque du courant de plaque se produit pour une valeur u du potentiel de grille, la diminution inverse ne se produira que pour une valeur u' plus petite; la différence $u - u'$ est d'autant plus grande que $R - R_0$ est aussi plus grand et tend vers zéro en même temps que cette quantité.

Par suite, des oscillations assez amples pour provoquer chaque fois l'augmentation et la diminution du courant peuvent être directement enregistrées. On dispose alors d'un véritable relais par tout ou rien, présentant l'avantage sur les relais mécaniques de n'avoir aucun retard appréciable, et de plus, de détecter les courants de toute fréquence. Une seule lampe à réaction permet ainsi d'enregistrer par oscillographe à plume tous les signaux reçus convenablement au casque.

II. *Antiparasite* — Si l'on règle R de façon que les signaux ne débordent que très légèrement l'intervalle uu' du paragraphe précédent, on élimine *tous* les atmosphériques d'amplitude inférieure aux signaux, trop faibles pour provoquer la variation brusque du courant de plaque : le relais ne fonctionne pas pour eux.

III. *Amplification.* — En donnant à R une valeur légèrement inférieure à R_0, on obtient une forte amplification continue, pour toutes les fréquences. L'application de ce montage à l'amplification des variations de courants continus m'a permis de donner à mon électromètre amplificateur une sensibilité 10 fois supérieure à celle que j'ai indiquée dans une Note précédente (2), tout en supprimant les batteries de liaisons entre les étages d'amplification, et par suite en diminuant l'encombrement et les sources de perturbations.

En basse fréquence, l'amplification par une seule lampe avec réaction correspond à celle qu'on obtient avec trois étages ordinaires.

IV. *Oscillateur.* — Si l'on introduit un circuit oscillant *soit* dans le circuit de grille, *soit* dans le circuit de plaque, il

(1) Kallirotron (Taggart).

(2) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 2171.

Digitized by Google

oscille avec sa fréquence propre, quelle qu'elle soit. Un condensateur shunté par une résistance est aussi le siège de charges et de décharges régulières, pour des valeurs de R correspondant à la discontinuité. La constante de temps d'un tel système ayant été amenée *au voisinage d'une seconde*, la proximité d'une pendule à contact a suffi à maintenir le synchronisme absolu.

La combinaison de ce montage et du procédé d'émission de signaux par des pendules, sans contacts, que nous avons exposé précédemment (1) constituerait un ensemble très simple d'*enregistrement* de battements dans les observatoires (une lampe à l'émission, deux lampes à la réception).

Séances des 5, 12, 20, 26 *Septembre* 1927.

Pas de communications présentant un caractère électrique.

REVUE DE LA PRESSE

INSTALLATIONS

Considérations sur les fusibles. (*Bulletin n° 9 de l'Association suisse des électriciens.*) — Si on fait croître l'intensité du courant qui passe dans un fusible, il fond pour une certaine valeur de cette intensité, que l'on peut désigner sous le nom de courant limite. Si l'on fait passer de suite cette intensité dans le fusible, celui-ci ne fond qu'au bout d'un certain temps, qui dépend de son inertie. Cette inertie a des valeurs excessivement variables. Elle n'est pas la même pour des lames que pour des cartouches et pour des cartouches du même modèle, elle varie suivant la provenance. Il peut même arriver qu'en appliquant la même intensité à deux fusibles, celui correspondant à l'intensité limite la plus forte fond plus vite que l'autre. L'inertie diminue avec l'intensité du courant et on peut le négliger à partir d'une intensité à peu près 5 fois plus forte que l'intensité limite.

Or un fusible doit plus fréquemment agir pour des surcharges provenant de courts-circuits que pour des surcharges faibles et de longue durée. On doit rechercher un moyen pour qu'un fusible ne fonde pas en même temps qu'un autre correspondant à une intensité limite plus faible; cela a notamment de l'importance dans le cas où pour une cause quelconque plusieurs fusibles d'intensités limites à peu près égales sont disposés à la suite les uns des autres.

On a constaté que dans le cas de surcharges de la nature d'un court-circuit l'inertie dépend surtout de la valeur de la section. F. L.

Construction d'une ligne aérienne à 220 000 v. (*Elektrotechnick und Maschinenbau.*) — M. J. B. Wheeler, ingénieur de la Southern Californian Edison C°, donne les renseignements suivants relatifs à la construction de la troisième ligne à 220 000 v, appartenant à cette société, qui relie les usines de Big-Creek à des sous-stations situées à proximité de Los Angelos. La ligne a une longueur totale de 357 km et revient à environ 3100 dollars le km. On a construit environ 600 m de ligne par jour; par suite de nécessités de service, une section de ligne, longue de 30 km, a été construite en 24 jours, ce qui représente un avancement moyen de 1600 m par jour. On a dû, pour le montage, la surveillance et l'entretien de la ligne, construire 160 km de nouvelles routes, d'une largeur moyenne de 2,7 m, ainsi que de nombreuses lignes téléphoniques nécessaires pour l'exploitation.

Le transport du matériel, depuis les gares, situées de 16 à 50 km de la ligne, a été effectué au moyen de camions de 2,5 t; dans certaines parties du tracé dont le terrain est très accidenté on a dû utiliser des camions de 5 t et même dans certains cas on a dû installer des voies ferrées portatives.

Les conducteurs de la ligne enroulés sur des tambours pesant 1,5 t, qui dans les endroits où les camions ne pouvaient plus circuler étaient disposés sur des châssis spéciaux et remorqués par des tracteurs. Les pylônes ont un poids moyen de 4500 kg et leurs bases un poids de 1000 kg; après avoir exécuté les fondations et mis en place les bases, les pylônes étaient assemblés sur place. Lors du travail accéléré, une équipe d'ouvriers peu exercés construisait les fondations et mettait en place le socle d'un pylône, puis se rendait à l'emplacement du pylône suivant, pour exécuter les mêmes opérations, pendant qu'une équipe d'ouvriers exercés procédait au montage du pylône; par ce procédé un groupe de 16 hommes pouvait monter un pylône en 3 heures et demie.

Les câbles en aluminium d'une section de 675 mm² ont été posés en utilisant des rouleaux de montage avec paliers à billes. Lorsque l'état du terrain le permettait le câble était déroulé des tambours placés sur les camions et posé sur les rouleaux de montage disposés sur le sol, puis les chaines d'isolateurs étaient installées et le tout était élevé en l'air au moyen de moufles. Les joints des conducteurs sont constitués par des raccords, il y en a environ un tous les 900 m. Le nombre des ouvriers a été en moyenne de 500 à 600, dont les 2 tiers étaient occupés à la construction de la ligne proprement dite et 1 tiers aux transports et à la construction des routes. F. L.

CHAUFFAGE

L'emploi de l'énergie électrique pour le chauffage industriel en Amérique. (*Elektrotechnick und Maschinenbau.*) — L'emploi de l'énergie électrique pour le chauffage industriel augmente considérablement en Amérique, son emploi est très commode et les sociétés de distribution peuvent la fournir à un prix très avantageux, car elle améliore beaucoup le facteur de charge; en 1925 il a été utilisé aux États-Unis plus de 1,25 million de kw-h pour le chauffage industriel.

Le tableau suivant donne un aperçu de l'augmentation de l'énergie électrique rendue pour divers emplois pour les 9 plus grandes centrales américaines.

	MILLIONS DE KILOWATTS-HEURE VENDUS PAR AN			
	1914	1918	1922	1926
Chemins de fer.	250	284	286	550
Lumière. . . .	405	600	1050	1600
Force motrice .	600	1800	2100	4709
Chauffage . . .	50	180	285	600
Totaux. . . .	1265	2864	4021	7250

Ce tableau montre que la consommation d'énergie électrique pour le chauffage, a augmenté dans la proportion de 26, en douze ans, tandis que dans le même espace de temps, la consommation totale a augmenté dans la proportion de 6. F. L.

DIVERS

L'électrification rurale au Danemark. — Dans l'*Electrical Review*, M. V. Faaborg-Andersen, secrétaire de la Commission royale danoise d'Electricité, expose l'historique du développement donné aux applications de l'électricité dans les fermes danoises; il apprécie les résultats déjà atteints et ceux qui restent à atteindre.

(1) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 521.

Digitized by Google

L'organisation coopérative, si salutaire parce qu'elle a développé beaucoup les exportations agricoles danoises, est également efficace au point de vue des progrès des applications électriques, qui, à égalité de tarifs, avec un climat analogue à celui des Iles Britanniques, sont beaucoup plus marqués au Danemark qu'en aucune partie de l'Angleterre.

Les coopératives aidèrent puissamment au développement des réseaux à courant continu à 2×220 v et des lignes de transmission à 10 000 v.

Jouissant de tarifs et de compteurs distincts pour l'éclairage et la force motrice, les paysans danois ont développé si activement cette dernière que, souvent, leur consommation d'énergie pour la force motrice est double de ce qu'elle est pour la lumière.

Les fermes importantes ont des moteurs d'une puissance de 20 à 30 ch, et les fermes moyennes des moteurs de 5 à 10 ch, pour lesquels la consommation a, en 1926, varié entre 11 kv-a et 35 kv-a par hectare et par an, la moyenne étant évaluée à 17 kv-a par hectare.

On estime qu'il est possible d'élever la consommation au delà de 50 kv-a, en développant à la ferme l'utilisation du matériel existant en vue de répondre à d'autres besoins, tels que le sciage des bois de chauffage, la préparation des foins, celle des rations pour le bétail, la commande de machines à froid, et même la cuisine et la traite électrique.

S'il y a eu régression dans l'application des machines à traire, on le doit à une moindre rareté de la main-d'œuvre, mais toute augmentation des salaires en favorisera la reprise.

Génie Civil du 19 novembre 1927.

Le réglage de la tension d'alternateurs fonctionnant en parallèle. — L'alimentation des réseaux par plusieurs alternateurs en parallèle constitue le cas général de la pratique. M. Landesberg, examine, dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, comment se comportent ces machines au point de vue de la régulation de la tension, soit en cas d'une variation de la charge, soit en cas d'une modification de l'excitation d'un des alternateurs. Il importe d'abord de définir comment varient, en cas de modifications de la tension, la puissance active et la puissance réactive globales débitées, suivant la nature de la charge, c'est-à-dire suivant que celle-ci est constituée par des appareils d'éclairage et de chauffage, ou bien par des moteurs.

Il est possible de déterminer graphiquement la variation, en fonction de la charge, de l'excitation d'un alternateur faisant partie d'un groupe de n machines en parallèle, de façon à maintenir la tension constante, l'excitation des $n - 1$ autres alternateurs demeurant inchangée. Ce mode de réglage, à côté de sa simplicité, présente l'inconvénient d'entraîner une répartition inégale de la puissance réactive entre les différents alternateurs. L'auteur indique différents modes de couplage qui peuvent être réalisés dans le cas où les alternateurs sont munis de régulateurs automatiques de tension, de façon à assurer, non seulement le maintien d'une tension constante, mais encore une répartition convenable de la puissance réactive entre les différents alternateurs.

Génie Civil du 19 novembre 1927.

La reproduction des matières contenues dans L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE sans citation de ce journal est interdite.

Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus.

DOCUMENTS OFFICIELS

CIRCULAIRE DU 30 AVRIL 1927

DÉTERMINANT

LES CONDITIONS TECHNIQUES

AUXQUELLES DOIVENT SATISFAIRE

LES DISTRIBUTIONS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

(*Journal Officiel du 23 Juillet 1927.*)

(*Suite* [1].)

L'arrêté précise la nature des voies publiques pour lesquelles il y a lieu de rapprocher les supports autant que possible, les services de contrôle conservant d'ailleurs une certaine latitude pour l'application de cette formule en s'inspirant des conditions locales. Les dispositions prévues pour les routes nationales ou départementales, les chemins de grande communication ou d'intérêt commun sont applicables aux rues qui bénéficient d'un de ces classements; il y aura lieu également de les appliquer aux voies urbaines dont la fréquentation sera particulièrement intense. Au surplus, il suffira dans un grand nombre de cas que l'un des appuis de la traversée soit au voisinage immédiat de la voie publique.

Art. 46. — Le point le plus bas des conducteurs est maintenu à 6 mètres le long des voies publiques et à 8 mètres dans les traversées pour les distributions de deuxième catégorie, mais à la condition que le minimum prescrit soit observé strictement, même pendant les plus grandes chaleurs de l'été (§ 1er).

Il n'est fait d'exception que dans deux cas :

1° A la traversée des ouvrages construits au-dessus des voies publiques, où une hauteur inférieure à 6 mètres peut être admise, pourvu que la sécurité soit assurée par un dispositif spécial de protection, mais sans que la hauteur libre de 4,30 m à réserver au-dessus de la chaussée puisse être diminuée :

2° Le long et à la traversée des chemins ou parties de chemins, qui ne peuvent en aucun cas être accessibles aux véhicules et sur lesquels, en raison de cette circonstance, les canalisations sont simplement tenues d'être, en vertu du paragraphe 1er de l'article 5, hors de la portée du public.

Dans les parties en courbe des voies publiques, les poteaux ou pylônes devront être plus rapprochés que dans les alignements droits pour diminuer l'empiétement en projection horizontale des conducteurs sur la voie publique; il importe d'éviter des contacts possibles avec des chargements élevés.

On peut réaliser les prescriptions du paragraphe 2 par divers dispositifs, notamment en plaçant sur les supports en question des cadres métalliques entourant tous les conducteurs (tels que les cadres de mise en sol), ou en prolongeant les ferrures supportant les isolateurs par des cornes métalliques de forme et de longueur appropriées, qui maintiendraient ces conducteurs au cas où ils viendraient à abandonner l'isolateur.

Les croquis traduisant les dispositions à adopter pour les conducteurs au voisinage d'un toit en pente ou d'un toit en terrasse sont conformes à ceux de la figure 1 (art. 35).

(1) Voy. *L'Industrie électrique* du 25 août 1927, page 383, 10 septembre 1927, page 403, 25 septembre, page 429 et 25 novembre 1927, page 524.

Digitized by Google

Les dispositions de l'article 47 ne distinguent pas des autres les ouvrages en béton armé, auxquels sont applicables, sans restriction, les instructions du 20 octobre 1906 relatives à l'emploi du béton armé pouvant, dans celles de leurs clauses où elles sont plus rigoureuses, être sans inconvénient amendées pour des pylônes construits en usine.

Art. 48. — Dans les distributions de deuxième catégorie, les accidents peuvent nécessiter la coupure du courant dans le plus bref délai possible. A cet effet, l'article 48 prévoit que chaque agglomération importante doit être reliée par un moyen de communication directe à l'usine génératrice ou au poste le plus voisin muni d'appareil de coupure. Le distributeur peut, pour réaliser cette liaison, faire usage de télécommunication, avec ou sans fil, ou avoir recours à d'autres moyens, par exemple munir le personnel de surveillance de moyens de transport rapides (automobiles, bicyclettes, etc.). Il appartiendra au service du contrôle d'apprécier les propositions faites à cet effet par le distributeur.

Dans le cas où la distribution est munie d'appareils de coupure à l'entrée de chaque agglomération, l'installation pourra être considérée comme répondant à la prescription de l'article 48, à la condition, toutefois, que le distributeur ait pris toutes les mesures nécessaires pour que ces appareils puissent être manœuvrés efficacement quand il en sera besoin.

Dans les installations de traction de deuxième catégorie, l'article 48 prévoit que les conducteurs aériens devront être protégés par des dispositifs destinés à limiter l'intensité du courant.

Section II.

Sous-stations, postes de transformation et installations diverses.

Art. 49. — § 1er. — Pour garantir la sécurité du personnel amené à travailler dans les locaux non gardés où sont installés des transformateurs de deuxième catégorie, en cas d'incendie ou d'explosion, il est nécessaire que les portes, lorsqu'elles sont à rabattement, ne s'ouvrent pas vers l'intérieur. Or, ces locaux sont fréquemment installés sur une voie publique ou en bordure d'une pareille voie et les règlements de voirie interdisent généralement l'ouverture des portes vers l'extérieur. Il est évident que les motifs qui ont déterminé cette disposition doivent céder devant la question primordiale de sécurité du personnel; il y aura donc lieu, en pareil cas, d'autoriser l'ouverture des portes vers l'extérieur, en veillant toutefois à ce que la saillie qui résultera du rabattement de la porte sur le mur de façade soit réduite au minimum.

Art. 50. — L'arrêté prévoit la protection des canalisations nues par des grillages ou des écrans en métal ou en matière isolante, en vue d'accroître la sécurité du personnel obligé d'y travailler.

S'il est fait emploi de couches de peinture pour différencier les conducteurs, on pourra employer une couleur déterminée pour chaque phase, quelle que soit la position respective des conducteurs, sans que cette indication doive être considérée comme imposant ce procédé de préférence à tout autre.

Art. 51, § 2. — De la prescription ainsi conçue : « l'accès de ce passage est défendu par une porte fermant à clef », on a cru parfois pouvoir conclure que ladite porte devait rester fermée à clef en permanence. Une pareille interprétation serait erronée, car c'est avec intention qu'il est écrit « fermant à clef » et non « fermé à clef ». La porte doit pouvoir être fermée à clef lorsque aucune surveillance ne peut être exercée sur l'accès qu'elle défend. Mais il arrivera fréquemment que les nécessités de l'exploitation obligent à la laisser ouverte, et il n'en résultera aucun inconvénient si l'accès est, pendant ce temps, l'objet d'une surveillance pour que seul le personnel qui a mission de pénétrer dans la partie arrière du tableau puisse le faire.

Section IV

Dispositions spéciales applicables à la traversée des chemins de fer.

Division I

Traversée des lignes de chemins de fer des grands réseaux d'intérêt général

Art. 55 et 56. — Les remarques formulées précédemment au sujet des articles 58 et 59 sont applicables également aux articles 55 et 56.

Section V

Protection des lignes de télécommunication.

Art. 58. — La section V traite de la protection des lignes de télécommunication et appelle les observations suivantes :

Le voisinage de ces lignes et des lignes de distribution doit être l'objet d'une attention particulière, l'indication d'une distance minimum de 1 mètre ou 2 mètres entre ces lignes, sauf lorsque les conducteurs d'énergie sont fixés sur toute leur longueur, n'exclut nullement l'adoption d'un plus grand écartement s'il est pratiquement et raisonnablement réalisable.

Il a été rappelé, au paragraphe 1er, que les canalisations d'énergie ne doivent produire aucune perturbation nuisible par induction (électrique ou électromagnétique) sur les lignes de télécommunication.

Le premier alinéa du paragraphe 2 de l'article 50 spécifie qu'aux points de croisement les conducteurs de distribution sont, autant que possible, placés au-dessus des fils de télécommunication. Il doit être bien entendu que cette disposition supérieure des conducteurs d'énergie est à réaliser sauf impossibilité.

D'autre part, il convient de chercher à supprimer les croisements toutes les fois qu'il est possible de le faire moyennant une modification des lignes de télécommunication n'entraînant qu'une dépense raisonnable à la charge des distributeurs.

En ce qui concerne le dispositif de garde mentionné *in fine* du paragraphe 2, il y a lieu de signaler que le poteau ou pylône, s'il est placé entre la canalisation d'énergie et la ligne de télécommunication, constitue un dispositif de garde suffisant.

Au sujet de l'article 59, il est rappelé que si les lignes de télécommunication sont, dans le cas visé, assimilées aux lignes de deuxième catégorie, il ne saurait être question de leur imposer l'emploi d'isolateurs susceptibles de tenir la même tension que ceux de la ligne d'énergie.

En outre, une exception aux prescriptions de l'article 59 a été apportée en ce qui concerne les parties de lignes de télécommunication montées sur des supports particuliers et suffisamment séparées électriquement des parties montées sur les mêmes appuis que la canalisation d'énergie.

Section VI

Exploitation des distributions.

Art. 60 et 79. — Ces deux articles qui visent respectivement les distributions de 2e et de 3e catégorie, prescriven pour la manœuvre des interrupteurs aériens diverses mesures de sécurité qui se justifient d'elles-mêmes et qu'il importe de ne pas omettre.

Quant aux précautions à prendre pour l'exécution des travaux sur les conducteurs ou à leur voisinage, elles sont fixées par l'arrêté ministériel du 10 mars 1927, déterminant les

Digitized by Google

mesures de protection applicables dans les chantiers de construction et d'entretien des entreprises de distribution d'énergie électrique, auquel on devra se reporter en ce qui les concerne. Je me bornerai ici à appeler l'attention sur un point qu'il importe de ne pas perdre de vue quand on doit exécuter un travail sur une ligne d'énergie.

Les ingénieurs à qui revient le soin d'établir des consignes pour l'exécution de ce travail doivent, en effet, se préoccuper des dangers des courants d'induction. Il peut arriver en effet que les fils de télécommunication ou les conducteurs d'énergie sur lesquels on travaille se prolongent au delà de la section sur laquelle le courant est coupé. S'ils restent alors, sur un certain parallélisme, au voisinage d'autres conducteurs industriels, les disjonctions ou les mises en charge de ceux-ci sont susceptibles, par voie indirecte, de produire des forces électromotrices, donnant lieu à des ondes de tension dangereuse, atteignant la section où l'on se croyait en sécurité, pour y avoir supprimé l'alimentation.

Art. 61 et 80. — Ces deux articles fixent les règles à suivre pour l'affichage des prescriptions de sécurité dans les distributions de 2e et de 3e catégorie.

Quant aux soins à donner aux victimes des accidents dus à l'électricité, l'affichage doit en être fait suivant les prescriptions du décret du 23 janvier 1927 qui en a fixé les règles.

CHAPITRE V

Dispositions spéciales aux ouvrages de troisième catégorie.

Ces ouvrages sont soumis aux prescriptions du chapitre II du titre Ier, et, en outre, aux dispositions du présent chapitre.

En dehors de toutes les conditions prescrites, l'attention des exploitants doit être spécialement attirée sur l'importance d'une construction très soignée des ouvrages, qui constitue en définitive l'une des principales garanties de sécurité.

La mise au sol du point neutre des canalisations de troisième catégorie n'est pas rendue obligatoire par l'arrêté. Cette mise au sol est assurément recommandable dans presque tous les cas, mais la technique n'est pas encore assez fixée pour qu'il soit admissible de l'imposer dès à présent.

Il n'a pas paru possible d'interdire absolument la traversée des agglomérations par les canalisations de troisième catégorie, mais il y aura lieu d'éviter ces traversées toutes les fois qu'il y aura possibilité de le faire et même, dans la mesure du possible, la proximité des bâtiments.

Art. 63. — Les remarques formulées au sujet de l'article 45 s'appliquent au présent article; les points suivants sont en outre signalés :

Poteaux en bois. — Bien que les poteaux en bois ne soient pas exclus dans l'établissement des lignes de troisième catégorie, leur emploi devra être limité de préférence aux installations provisoires; pour les installations définitives, ils ne devront être admis que s'ils sont montés sur socle métallique ou en béton.

Mise au sol des supports. — La mise au sol des pylônes et ouvrages devra être réalisée par l'intermédiaire de conducteurs de section suffisante : 30 millimètres carrés au moins s'ils sont en cuivre et 50 millimètres carrés au moins s'ils sont en fer.

Le point le plus bas des conducteurs est maintenu à 6 mètres au-dessus du sol des propriétés privées et le long des parties des voies publiques accessibles aux véhicules, et à 8 mètres dans les traversées de ces voies, mais à la condition que les minima prescrits soient observés strictement, même pendant les plus grandes chaleurs de l'été.

Encadrement de routes. — Il est indispensable de prévoir l'emplacement des supports de façon à respecter la distance prescrite entre les conducteurs et le sol.

Tracé. — Les angles des lignes constituant toujours des points faibles, les tracés les plus rectilignes devront autant que possible être recherchés.

Attache de sécurité. — Dans la traversée des routes nationales, départementales, des chemins de grande communication et d'intérêt commun, ainsi qu'aux croisements de circuits de télécommunication, comme aux traversées de voies ferrées, électrifiées ou non, et des lignes électriques préexistantes, il peut être utile de doubler les conducteurs au droit

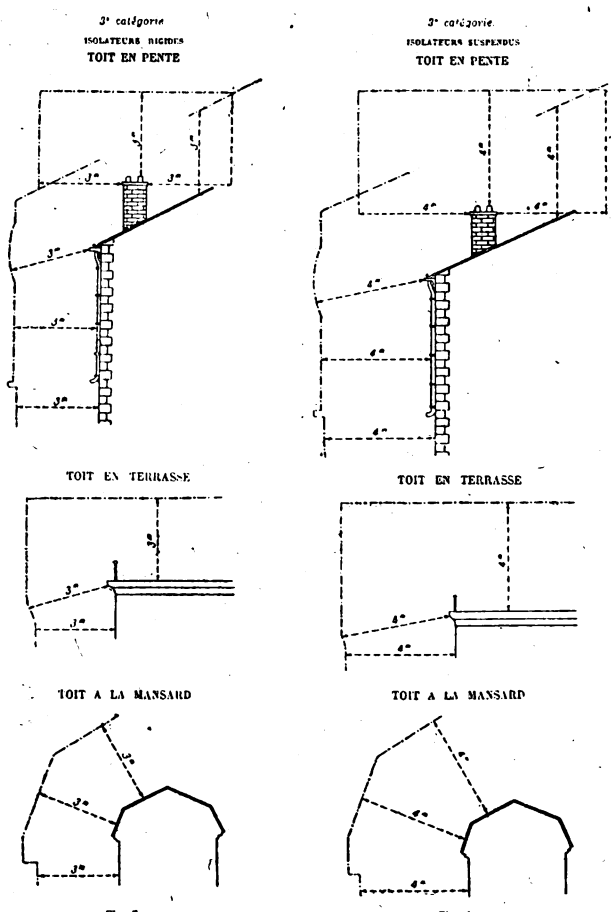


Fig. 3. Fig. 4.

et, de part et d'autre, des isolateurs par une bretelle lorsqu'il s'agit d'une canalisation avec isolateurs suspendus.

Cette attache de sécurité, destinée à maintenir la continuité mécanique du câble, au cas où il serait rompu au regard de l'isolateur, remplira son rôle en cas d'amorçage d'un arc au point de suspension,

Arrêt des conducteurs sur les isolateurs. — La prescription d'arrêt des conducteurs sur les isolateurs formulée au deuxième alinéa du paragraphe 4 de l'article 5 est réalisée, dans les lignes établies avec isolateurs suspendus, par l'emploi de pinces de fixation retenant le conducteur sans le laisser glisser.

Parafils. — Dans le cas de lignes équipées avec isolateurs suspendus, les parafils aux appuis d'angles ne sont pas exigés; il appartient néanmoins aux exploitants de prévenir les effets de la rupture des conducteurs ou des chaînes par le renforcement de dispositifs employés couramment.

En ce qui concerne le voisinage des maisons, si on ne peut

Digitized by Google

l'éviter, les croquis ci-après traduisent les dispositions à adopter pour les conducteurs au voisinage d'un toit en pente et d'un toit en terrasse pour les isolateurs rigides (fig. 3) et pour les isolateurs suspendus fig. 4).

Enfin, l'article 65 prévoit l'obligation de *transpositions* régulières sur les canalisations de 3e catégorie, afin d'établir une symétrie aussi grande que possible de chacun des conducteurs d'une canalisation par rapport au sol. Cette disposition a principalement pour but de réduire l'induction électrique, qui devient parfois importante aux tensions de 3e catégorie, de ces canalisations sur les lignes de télécommunication,

Section II

Sous-stations, postes de transformation et installations diverses.

Art. 67, § 1er. — Pour garantir la sécurité du personnel amené à travailler dans les locaux non gardés où sont installés des transformateurs de troisième catégorie, en cas d'incendie ou d'explosion, il est nécessaire que les portes, lorsqu'elles sont à rabattement, ne s'ouvrent pas vers l'intérieur. Or, ces locaux sont fréquemment installés sur une voie publique ou en bordure d'une pareille voie, et les règlements de voirie interdisent généralement l'ouverture des portes vers l'extérieur. Il est évident que les motifs qui ont déterminé cette disposition doivent céder devant la question primordiale de sécurité du personnel : il y aura donc lieu, en pareil cas, d'autoriser l'ouverture des postes vers l'extérieur en veillant toutefois à ce que la saillie qui résultera du rabattement de la porte sur le mur de façade soit réduite au minimum.

Art. 68. — A l'intérieur des sous-stations et postes de transformation, la protection résulte de distances suffisantes ménagées entre garde-corps et conducteurs, aussi bien qu'entre garde-corps et entre garde corps et parois.

S'il est fait emploi de couches de peinture pour différencier les conducteurs, on pourra employer une couleur déterminée pour chaque phase, quelle que soit la position respective des conducteurs, sans que cette indication doive être considérée comme imposant ce procédé de préférence à tout autre.

Art. 69, § 2. — De la prescription ainsi conçue : « l'accès de ce passage est défendu par une porte fermant à clef », on a cru parfois pouvoir conclure que ladite porte devait rester fermée à clef en permanence. Une pareille interprétation serait erronée, car c'est avec intention qu'il est écrit « fermant à clef » et non « fermée à clef ». La porte doit pouvoir être fermée à clef lorsqu'aucune surveillance ne peut être exercée sur l'accès qu'elle défend. Mais il arrivera fréquemment que les nécessités de l'exploitation obligent à la laisser ouverte, et il n'en résultera aucun inconvénient si l'accès est, pendant ce temps, l'objet d'une surveillance suffisante pour que seul le personnel qui a mission de pénétrer dans la partie arrière du tableau puisse le faire.

Section V

Dispositions spéciales applicables à la traversée des lignes de chemins de fer.

Art. 74. — Les remarques formulées précédemment au sujet de l'article 59 sont également applicables à l'article 74.

Section VI

Protection des lignes de télécommunication.

Art. 76. — Le développement des canalisations de troisième catégorie, dont l'influence sur les lignes de télécommunication peut devenir importante à petite distance, oblige à prendre quelques précautions spéciales dans l'établissement des projets de ces canalisations.

Pour tirer le meilleur parti des mesures à prendre pour la protection des lignes de télécommunication, et afin de faciliter leur application pratique, il est désirable que les services télégraphiques ou téléphoniques et les services électriques intéressés apportent la meilleure volonté de collaboration. La communication réciproque, d'une manière systématique et régulière, de tous renseignements utiles relatifs aux constructions de lignes existantes ou projetées, aux changements des conditions d'exploitations d'installations voisines est très recommandable.

Les lignes de télécommunication doivent présenter certaines conditions de bonne construction et de bon entretien, notamment en ce qui concerne la symétrie des circuits et la perditance qui doit être aussi peu différente que possible, pour chacun des conducteurs du circuit et aussi petite que possible. Mais l'arrêté technique ne saurait réglementer les conditions que doivent remplir les lignes de télécommunication ; il est, au contraire, de son domaine de s'occuper des conditions que doivent remplir les canalisations d'énergie. Déjà l'article 64, paragraphe 5, prévoit l'obligation de transpositions régulières sur les canalisations de troisième catégorie. L'article 76 va plus loin et précise que tout projet doit être accompagné d'une évaluation des tensions induites sur les lignes de télécommunication avoisinantes, en même temps qu'il précise certaines conditions relatives aux transpositions.

Les méthodes de détermination des tensions induites ne sont précisées ni dans l'arrêté, ni dans la présente circulaire. Elles feront l'objet, s'il y a lieu, d'instructions ultérieures.

Ainsi que l'indique le titre de l'article 76, les dispositions de cet article ne sont pas applicables aux lignes existantes.

Art. 77. — L'indication d'une distance minimum entre les canalisations d'énergie et les lignes de télécommunication n'exclut nullement l'adoption d'un plus grand écartement s'il est pratiquement et raisonnablement réalisable.

Le premier alinéa du paragraphe 2 spécifie qu'aux points de croisement les conducteurs d'énergie sont toujours placés au-dessus des fils de télécommunication.

Croisements avec les lignes de télécommunication. — Lorsqu'il ne sera pas substitué de fils souterrains aux fils de télécommunication, des câbles de garde seront installés au-dessus des circuits de télécommunication.

Ce dispositif de protection pourra consister en un ou plusieurs câbles d'acier galvanisés d'une section suffisante qui en aucun cas ne pourra être inférieure à 30 millimètres carrés, mis au sol, soutenus par des supports métalliques ou en bois à une hauteur suffisante et parallèlement aux fils de télécommunication.

Art. 78. — Une exception aux prescriptions de l'article 78 a été apportée en ce qui concerne les parties de lignes de télécommunication montées sur des supports particuliers et suffisamment séparées électriquement des parties montées sur les mêmes appuis que la canalisation d'énergie.

Section VII.

Entretien des ouvrages. — Exploitation des distributions.

Art. 79. — Les remarques formulées à propos de l'article 60 s'appliquent également à l'article 79.

(A suivre.)

L'Editeur-Gérant : A. LAHURE

95 267. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris. — 1927

Digitized by Google

36e Année. — N° 852 25 Décembre 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Fondée par É. HOSPITALIER

RÉDACTEUR EN CHEF
ALFRED SOULIER
Le 2e vendredi de chaque mois de 15 h. à 16 h.

ABONNEMENTS
Paris et Départements : 30 francs par an.
Union postale : 40 francs par an.

ADMINISTRATION
9, rue de Fleurus, 9. — (Paris VIe)
TÉLÉPHONE
Ségur 04-23 et Ségur 04-44.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction au Rédacteur en Chef, 9, rue de Fleurus.

MM. les Abonnés dont l'abonnement expire fin Décembre, sont priés de bien vouloir adresser à M. LAHURE, 9, rue de Fleurus, à Paris, le montant du renouvellement de leur abonnement. Chèques postaux Paris 920-28.

SOMMAIRE

INFORMATIONS. — L'utilisation de l'énergie thermique des mers tropicales. — Sur les relations entre les pertubations magnétiques terrestres et l'activité solaire. — La recherche et l'évaluation des traces de mercure dans l'atmosphère. — Un nouveau laboratoire allemand d'essais à très hautes tensions. — Une méthode expérimentale de mesure de la distribution des distensions sur les isolants. 553

CORRESPONDANCE. 556

LES LIGNES A 220 000 VOLTS DE L'ÉTAT DE CALIFORNIE. P. Normier. 557

LA REPRODUCTION ÉLECTRIQUE DES ENREGISTREMENTS PHONOGRAPHIQUES. J. M. 563

COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES. — Étude quantitative de la luminescence de la vapeur de mercure excitée par choc électronique, par M. Pierre Bricout. — Sur la théorie de l'excitation des nerfs et des muscles par des courants électriques de haute fréquence et de courte durée, par M. P. Lasareff. 570

REVUE DE LA PRESSE. — *Magnétisme* : Magnétisme et matières magnétiques. — *Traction électrique* : L'électrification des chemins de fer suédois. — *Téléphonie* : Téléphonie transatlantique. — *Mesures* : Ce que doit être une horloge parfaite. — *T. S. F.* : Sur une anomalie des détecteurs à contact. 571

CIRCULAIRE DU 30 AVRIL 1927 DÉTERMINANT LES CONDITIONS TECHNIQUES AUXQUELLES DOIVENT SATISFAIRE LES DISTRIBUTIONS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE (*suite et fin*). 574

Pour toute demande de numéros de L'Industrie Électrique *on est prié de joindre, à la demande, le montant de l'envoi, en timbres-poste, mandat ou chèque postal. Chèques postaux Paris 920-28.*

INFORMATIONS

L'utilisation de l'énergie thermique des mers tropicales. — Nous avons rendu compte ici même, l'an dernier, du curieux procédé de MM. BOUCHEROT et G. CLAUDE ayant pour objet l'utilisation de l'énergie thermique des mers tropicales (Voy. *L'Industrie électrique* n° 826 du 25 novembre 1926, pages 505, 506), et nous disions que des objections surgiraient; cela n'a pas manqué, il y en a eu de toutes sortes, de ridicules aussi bien que des critiques sincères.

Mais ce serait mal connaître les deux éminents inventeurs que de croire qu'ils n'avaient pas étudié à fond leur procédé avant de le lancer à la face du monde. Que n'aurait-on pas dit autrefois dès le début de l'électricité industrielle si l'on avait avancé que dans un circuit dérivé parcouru par des courants alternatifs, comprenant une réactance d'une part, et une capacité de l'autre, le courant résultant n'était pas la somme des courants provenant de chaque dérivation, c'est cependant ce que Boucherot a montré un des premiers quand il a indiqué le rôle des capacités pour diminuer la valeur du courant à vide des transformateurs, chose très naturelle aujourd'hui. Et l'air liquide, l'oxygène, l'azote, l'hydrogène même réputé comme non liquéfiable dans les traités de physique d'il y a quelque vingt ans, corps que Claude fait couler à flots aujourd'hui dans les cinq parties du monde, n'est-ce pas là la preuve d'une étude et d'une connaissance approfondie des phénomènes de la physique moderne?

Il en est absolument de même de la nouvelle invention de ces deux savants dont tous les éléments ont été étudiés à fond par leurs auteurs. Nous ne pouvons mieux faire à ce sujet que reproduire ici, comme nous le fîmes l'an dernier, la communication récente que vient de faire (le 7 novembre 1927) à l'*Académie des Sciences*, M. G. CLAUDE, communication qui lève une à une les principales objections que l'on avait pu faire.

« Il y a un an, j'ai fait, au nom de M. Paul Boucherot et au mien, une communication sur l'utilisation thermique des mers tropicales (1).

(1) Note présentée par M. Georges CLAUDE à la séance du 7 novembre de l'*Académie des Sciences* (*Comptes rendus* du 14 novembre).

Digitized by Google

Je voudrais aujourd'hui, avec l'appui que me donnent tous nos essais de laboratoire, dire que rien jusqu'ici n'a infirmé nos espérances ou confirmé les multiples objections qui nous ont été faites (1).

L'une des principales et des moins fondées de ces dernières était que l'eau froide se réchaufferait inévitablement dans les conduites destinées à la ramener des grandes profondeurs. Si l'on considère cependant : les grandes dimensions des tuyaux nécessaires, qui, pour les moindres installations envisagées, auront au moins 5 m de diamètre ; le faible temps de séjour de l'eau dans ces tuyaux, soit moins d'une heure ; l'énorme chaleur spécifique de cette eau ; la nature des parois, qui, pour d'autres raisons, seront très probablement mauvaises conductrices de la chaleur, on trouve que dans les plus mauvaises conditions le réchauffement n'atteindra pas 0° 1.

Mais ceci même n'indique pas encore à quel point l'objection est peu fondée : dans la réalité, l'eau devra parvenir à la surface plus froide qu'elle est partie du fond. En effet, puisée sous une pression de 100 atm, l'eau se décomprimera à mesure de sa montée, donc accomplira un travail extérieur qui la refroidira. Ce refroidissement, il est vrai, ne sera que d'environ 0° 25, sauf variation éventuelle de l'énergie interne. Mais on voit que, tel quel, il pourra l'emporter sur le réchauffement.

On a dit aussi que les tuyaux seraient démolis, non pas même par la tempête, mais par l'effort normal des marées ou des vagues. Or, on sait quelle tranquillité conservent les couches sous-marines même par les plus violentes tempêtes. A 50 m, mettons 100 m, c'est le calme absolu, sauf peut-être l'effet des marées. Il n'y a donc qu'à protéger des actions mécaniques la partie des conduites comprises dans ces 100 m. Or, dans le cas des premières stations, qui seront nécessairement des stations côtières reliées aux profondeurs voisines par un tuyau s'enfonçant obliquement, il y a à cet égard un moyen radical. Il suffira de relier la station par un tunnel au point de profondeur 100 m, d'où partira la conduite.

Quant à la technique même du procédé, on a objecté que l'écart inévitable entre la théorie et la pratique empêchera d'obtenir le moindre résultat des différences de températures très faibles dont on dispose. D'une part, l'eau chaude donnera moins que les 0,05 atm prévus, d'autre part, l'eau froide donnera au condenseur bien plus que le 0,01 atm escompté. Nos expériences montrent, au contraire, avec quelle remarquable fidélité, dans des conditions convenables, les résultats pratiques confirment les prévisions de la théorie. Des moyens appropriés permettront de réduire à très peu de chose les pertes de température et de pression, et en pratique, avec les températures de 26° à 28°, on dépassera largement 2 comme rapport de la pression initiale à la pression finale.

Venons-en maintenant à l'objection capitale, celle relative à l'extraction des gaz dissous.

En se basant sur les résultats obtenus dans les grandes stations à vapeur pour l'extraction des gaz dissous, on a cru pouvoir affirmer que, dans notre cas, il en coûterait 300 ou 400 pour 100 de l'énergie fournie par les turbines, et que par conséquent le procédé n'était pas viable.

On fait remarquer en effet que, dans les stations à vapeur, chaque kilowatt-heure est produit par la vapeur résultant de la vaporisation totale de 5 kg d'eau et qu'il n'y a donc à expulser pour chaque kilowatt-heure produit que les gaz de 5 kg d'eau (la condensation étant supposée se faire par surface). Tandis que, dans notre cas, les 50 kg de vapeur nécessaires pour produire le même kilowatt-heure utile mobiliseront (ce qui est vrai) les gaz de 12 500 kg d'eau, soit 2500 fois plus. Or, l'extraction des gaz dissous coûtant, dans les stations centrales, 0,1 à 0,2 pour 100 de la puissance des turbines, il en coûterait 250 à 500 pour 100 de la puissance des nôtres. On pourrait même pousser plus loin encore ce raisonnement, mais :

1° Ceux qui raisonnent ainsi reconnaissent que, si les pompes d'extraction mobilisent 0,1 ou 0,2 pour 100 de la puissance des stations centrales, c'est que les rentrées d'air par manque d'étanchéité sont ou peuvent être aisément énormes par rapport aux quantités infimes de gaz dissous, et que les pompes doivent donc être prévues beaucoup trop fortes.

Mais, si les rentrées d'air peuvent être énormes devant les gaz dissous infimes, dans notre cas au contraire ces rentrées, fussent-elles 100 fois plus grandes, resteront négligeables devant 2500 fois plus de gaz dissous. En outre, les pompes nécessaires pour extraire ces masses importantes de gaz pourront être des compresseurs rotatifs, capables d'un excellent rendement, 50 pour 100 et plus, comme notre confrère M. Rateau a bien voulu nous le confirmer. Rien que cette considération, superposée au peu d'importance relative des rentrées d'air, réduit de 500 pour 100 à 30 pour 100 la fraction de l'énergie à demander aux turbines.

2° C'est une erreur de supposer, comme on l'a fait jusqu'ici, qu'on aura à extraire du condenseur la totalité des gaz dissous.

Nous avons tout d'abord eu l'idée de profiter, en le favorisant par des moyens appropriés, du fait qu'une partie des gaz dissous se dégagera dans les colonnes barométriques qui, de préférence, conduisent l'eau chaude et l'eau froide aux chambres d'ébullition et de condensation. On recueillera ces gaz vers le haut de ces colonnes et on les refoulera de suite au dehors. Supposons que ces gaz soient recueillis au niveau de 9 m au-dessous du niveau de la mer, soit sous la pression 0,1 atm à 1 atm n'exigera qu'un travail proportionnel à $\log \frac{1}{0,1}$ ou 1, tandis que le refoulement depuis la chambre de condensation, c'est-à-dire depuis la pression 0,01, sera proportionnel à $\log \frac{1}{0,01}$ ou 2, et même 3, si l'on tient compte des 5 ou 6 volumes de vapeur qui diluent forcément chaque volume de gaz du condenseur, alors que les gaz sous 0,1 atm en sont presque exempts. Ainsi, le refoulement des gaz depuis les colonnes barométriques coûtera trois fois moins que depuis le condenseur.

Mais il n'y a qu'une partie des gaz dissous qui se dégagent dans les colonnes barométriques et qu'on peut retirer dans des conditions si fructueuses. Heureusement, nous avons remarqué que, surtout après ce dégazage partiel, l'eau n'abandonne le reste de ses gaz, même dans le vide bien plus parfait des chambres d'ébullition et de condensation, qu'avec difficulté. En nous évertuant à favoriser cette heureuse tendance par des moyens appropriés, nous avons réussi, sans nuire à l'efficacité de la condensation ni de l'ébullition, à réduire *au dixième* la fraction des gaz dissous à retirer effectivement du condenseur. En résumé, l'ensemble du travail d'extraction des gaz dissous tombera au quart de ce que coûterait l'extraction de la totalité des gaz depuis la chambre de condensation, de sorte que cette extraction ne coûtera en définitive que 7 à 8 pour 100 de l'énergie fournie par les turbines.

En ajoutant cette dépense au travail de pompage des eaux qui, de son côté, sera certainement moindre de 20 pour 100, on peut conclure que, sauf surprise du fait de la substitution de l'eau de mer à l'eau ordinaire, seule employée dans ces essais, les trois quarts de l'énergie fournie par les turbines resteront disponibles. Nous avions dit trois cinquièmes.

Ainsi, nos essais n'ont fait que renforcer des espérances, déjà basées d'ailleurs sur tous les arguments ci-dessus, bien que, parmi d'autres raisons, le manque de certitude ne nous ait pas permis alors de les mieux préciser.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1926 (t. 183, p. 929).

Digitized by Google

Nous comptons expérimenter prochainement sur la Meuse, dans les conditions thermodynamiques mêmes de la pratique, une turbine de 50 kw spécialement construite à cet effet. Si les résultats de ces essais sont conformes à notre espoir, nous serons prêts à aborder les difficultés du travail à la mer.

Sur les relations entre les perturbations magnétiques terrestres et l'activité solaire. — Dans la *Revue Générale des Sciences* du 15 novembre dernier, M. Boutaric rappelle qu'on a signalé depuis longtemps l'existence d'une relation entre les variations brusques des éléments du champ magnétique terrestre (intensité, déclinaison, inclinaison) et l'activité solaire. M. Charles Maurain vient d'examiner, de ce point de vue, les observations relevées dans une période de 41 années (1883-1923), faites sans interruption à l'observatoire du Parc-Saint-Maur (1883-1900) et à l'observatoire du Val-Joyeux (1900-1923).

I. — Pendant les 41 années (1883-1923), il y a eu 855 journées à perturbations magnétiques, soit 5,7 pour 100 du nombre total des journées. En vue de chercher comment l'activité solaire se répartit autour des perturbations magnétiques, l'auteur a relevé les valeurs de l'activité solaire, caractérisée à la manière habituelle, pour chacune de ces 855 journées, pour les 5 journées précédentes et pour les 5 journées suivantes. En faisant les moyennes pour 855 observations on voit que l'activité solaire passe par un maximum deux jours et demi environ avant les journées à perturbations magnétiques. En examinant les moyennes relatives aux diverses années, on constate le fait bien connu que les valeurs de l'activité des taches solaires sont beaucoup plus grandes aux époques de maximum de perturbations magnétiques (autour des années 1885, 1892, 1905-07, 1917) qu'aux époques de minimum (autour des années 1889, 1901, 1923). Les perturbations magnétiques sont à peu près du même ordre de grandeur aux différentes époques, mais il y en a en moyenne davantage aux époques de maximum d'activité solaire. Cela manifeste qu'une perturbation magnétique déterminée peut être reliée à un phénomène solaire déterminé, mais ne dépend pas de l'ensemble de l'activité solaire.

Cependant, un examen détaillé montre que, pendant les époques de faible activité solaire, des journées à perturbation magnétique correspondent parfois à une absence complète de taches, non seulement le jour de la perturbation et les deux ou trois jours précédents, mais aussi pendant des durées plus grandes.

Ainsi la statistique générale manifeste une relation très nette entre l'agitation magnétique et l'activité des taches, avec un retard moyen d'environ deux jours et demi de la première sur la seconde; mais la recherche détaillée d'une correspondance montre que beaucoup de perturbations magnétiques ne sont précédées de l'existence d'aucune tache solaire visible à laquelle on puisse les relier. De plus, si les perturbations magnétiques sont d'ordinaire les plus fréquentes aux époques du maximum d'activité des taches, cette correspondance n'a pas le caractère de généralité qu'on lui attribue parfois. Pendant les années 1905-1906, qui appartiennent à une époque de forte activité solaire, le nombre des perturbations magnétiques a été au contraire très faible.

Ces faits peuvent être interprétés en admettant que parmi les perturbations magnétiques, les unes sont reliées aux taches solaires, les autres ont une origine différente. Il n'est pas nécessaire de supposer que les perturbations de la première catégorie dépendent directement des taches; il se pourrait que les taches d'une part, et ces perturbations magnétiques d'autre part, fussent des manifestations d'un même état quasi-périodique du Soleil. Dans la deuxième catégorie se rangeraient une grande partie des perturbations qui se produisent pendant les périodes de faible activité des taches. L'origine de ces perturbations pourrait d'ailleurs se rattacher au même état périodique du Soleil que celle des perturbations de la première catégorie.

« Ces considérations, indique M. Maurain, sont parfaitement conciliables avec les théories qui attribuent l'origine des perturbations magnétiques à la projetion par le Soleil de particules électrisées. Les études statistiques conduisent à attribuer à l'intervalle de temps qui sépare une perturbation magnétique du phénomène qui en est l'origine une durée variable. Or, les particules électrisées, émises par le Soleil, peuvent avoir des vitesses différentes suivant leur nature ou suivant l'intensité des phénomènes solaires correspondants. L'action du champ magnétique solaire peut avoir sur elles, suivant une conception de M. Deslandres, une influence retardatrice variée. D'ailleurs on a supposé que des perturbations magnétiques peuvent être produites de manière indirecte par des particules émanant du Soleil, celle-ci intervenant alors en modifiant l'ionisation atmosphérique (Carlheim-Gyllensköld, Schuster, Bauer). Enfin on a attribué aussi l'origine des perturbations magnétiques à l'action de courants produits dans l'intérieur du globe, par l'induction d'actions électromagnétiques extérieures (Bosler).

II. — La fréquence des perturbations magnétiques dans le cours de l'année présente une variation très nette, connue depuis longtemps, alors que jusqu'ici, on n'a pas signalé de variations analogues pour les taches solaires, M. Brazier a étudié récemment la répartition annuelle de l'ensemble de l'agitation magnétique aux observatoires du Parc-Saint-Maur et du Val-Joyeux et montré qu'elle présente des maxima au voisinage des équinoxes et des minima au voisinage des solstices.

En représentant sur un graphique la répartition entre les différents mois des 855 jours à perturbation magnétique compris dans les années 1883 à 1923, M. Maurain a obtenu une courbe présentant une variation annuelle très nette avec deux maxima qui correspondent à peu près au 7 ou 8 mars et au 7 ou 8 octobre, c'est-à-dire à des dates dont l'une est un peu antérieure à l'équinoxe de printemps, et l'autre un peu postérieure à l'équinoxe d'automne.

Pour interpréter cette variation, on l'a rapprochée du fait que, à l'époque des équinoxes, toute la surface de la Terre se trouve exposée au rayonnement solaire, tandis qu'à l'époque des solstices, une partie des régions de haute latitude reste dans l'ombre pendant un certain temps. On a fait également intervenir l'inclinaison de l'axe de rotation du Soleil sur le plan de l'écliptique. M. Maurain a cherché si l'on pouvait mettre en évidence une influence de la variation des taches solaires en latitude sur la variation annuelle des perturbations; il a constaté que l'allure de cette variation annuelle est à peu près la même, avec deux maxima, quelle que soit la période du cycle des taches que l'on considère. La seule remarque nette est que les maxima se produisent plus tard aux époques pour lesquelles les taches sont assez élevées en latitude (c'est-à-dire pendant les années qui suivent les époques de minimum des taches), qu'aux autres époques du cycle. Les dates de ces maxima sont à peu près le 7 avril et le 7 novembre; ces dates s'écartent assez de celles auxquelles la Terre est le plus éloignée de l'équateur solaire qui sont le 6 mars et le 5 septembre.

Il semble donc que la variation annuelle des perturbations puisse être reliée à la variation de la position de la Terre par rapport au plan de l'équateur solaire, mais que ce dernier phénomène n'intervient pas seul dans la répartition annuelle des perturbations.

III. — M. Maurain a cherché une relation entre les écarts diurnes des éléments magnétiques et l'activité des taches solaires. La comparaison a porté sur des valeurs arrondies de la même manière pour les deux phénomènes. Le parallélisme est le plus marqué entre les courbes relatives à l'activité des taches et à l'écart diurne de la déclinaison.

Digitized by Google

Les courbes relatives aux Composantes horizontales et verticales, tout en ayant une allure générale semblable à celle des deux précédentes, présentent des particularités assez accentuées.

La recherche et l'évaluation des traces de mercure dans l'atmosphère. (*The Electrician*, 4 novembre 1927.) — Un récent dispositif mis au point par le laboratoire de recherche de la General Electric C° d'Amérique, permettrait de déceler des traces de mercure dans l'atmosphère, jusqu'à des teneurs de l'ordre de 1/20 000 000. Le mercure est un poison à effet cumulatif.

Les effets semblent les mêmes pour des inhalations courtes à très fortes doses que pour des inhalations très longues, à faible teneur.

Le mercure est utilisé de plus en plus dans les opérations thermiques industrielles, dans divers procédés chimiques, et dans les nouvelles turbines dont il est l'élément essentiel. Il semble donc intéressant de posséder un appareil scientifique susceptible de déceler rapidement sa présence dans l'atmosphère. Les méthodes jusqu'alors suivies dans ce but sont longues et exigent l'intervention de chimistes très éclairés; les résultats obtenus sont même parfois inexacts, notamment aux fortes teneurs.

La nouvelle méthode proposée est simple et sûre. Elle peut même, en outre, devenir automatique. Son principe repose sur la réaction de la vapeur de mercure sur une substance solide, le sulfure de sélénium, qui aboutit à un produit coloré d'une teinte facilement appréciable à l'œil.

Le *sulfure jaune de sélénium* étendu sur un papier possède en effet la propriété de noircir lorsque exposé à une atmosphère souillée de vapeurs de mercure, le degré de noircissement dépend de la concentration du mercure, du temps d'exposition, et de divers autres facteurs facilement contrôlables. Il semble que cette méthode soit applicable quelle que soit l'importance de la concentration agissante. Pour la détection permanente et automatique de ces vapeurs nocives, on peut utiliser une bande imprégnée se déroulant d'une façon continue devant une fenêtre d'exposition à l'air au moyen d'un petit moteur, à vitesse très démultipliée. Très peu de temps après son exposition, la bande peut être rapprochée d'une échelle colorée étalon, portant les différentes intensités de teintes du jaune au noir, évaluées en unités de concentration de mercure. Si l'on place une lampe à incandescence devant la bande de papier et une cellule photo-électrique derrière celle-ci, l'intensité lumineuse balayant cette cellule sera fonction de la teinte plus ou moins foncée du papier. Cette intensité peut régler les indications d'un ampèremètre, de telle sorte que la concentration des vapeurs mercurielles peuvent être évaluées soit par l'observation à l'œil de la teinte du papier, soit par la lecture directe de l'appareil de mesure. Il est même possible de combiner le circuit photoélectrique de façon à faire jouer automatiquement un appareil avertisseur quelconque dès que la concentration atteint une valeur dangereuse déterminée à l'avance. J. M.

Un nouveau laboratoire allemand d'essais à très hautes tensions. (*The Electrical Review*, 28 octobre 1917.) — Un nouveau laboratoire d'essais à très hautes tensions vient d'être créé aux ateliers de la Compagnie des isolants de Hermsdorf-Schomburg, à Hermsdorf. On y dispose actuellement de tensions atteignant 500 000 v, il est probable d'ailleurs que ce chiffre sera doublé sous peu. Ces tensions élevées sont obtenues de groupes de transformateurs de 800 kv-a alimentés sous 5000 v par des alternateurs entraînés au moyen de moteurs asynchrones de 315 kv-a avec moteurs synchrones auxiliaires. Le laboratoire comporte des transformateurs à résonance; il est prévu pour des essais sous pluie, brouillard et vent artificiels. J. M.

Une méthode expérimentale de mesure de la distribution des distensions sur les isolants. (*The Electrical Review*, 18 novembre 1927.) — Dans l'*Electrical World*, M. F. Reeves a récemment publié une étude sur la distribution des tensions sur les isolateurs et donné une méthode expérimentale évitant toutes les difficultés des méthodes habituelles sur la détermination des tensions sur les chaînes d'isolateurs.

Le principe de cette méthode est d'équilibrer les points de prise de potentiel de l'isolateur au moyen d'un point correspondant choisi sur une résistance potentiométrique sous tension. L'appareil indicateur est un tube au néon de la Compagnie Westinghouse, type étincelle C.

Ce tube est monté à l'extrémité d'une tige isolante. Il est entouré extérieurement d'une électrode cylindrique d'étain reliée par une tresse de cuivre à l'extrémité d'une autre tige isolante. L'électrode et la tresse sont avantageusement placés sous écrans pour éviter les influences directes.

La seconde tige isolante sert à rechercher le point d'équilibre convenable sur le potentiomètre. Les courants de surface sur l'isolateur ne sont en rien modifiés par la connexion du point de prise de potentiel au potentiomètre. Les effets de capacitance entre l'écran et la terre, sont par ailleurs négligeables. Lorsque le point d'équilibre est obtenu, toute luminescence cesse à l'intérieur du tube. L'amplitude exacte et la phase de la tension aux bornes d'un élément défectueux de la chaîne s'obtiennent en plaçant une capacité en dérivation sur la résistance offerte par les éléments en bon état.

J. M.

CORRESPONDANCE

Au sujet de l'oscilloscope.

Nous avons reçu la lettre suivante :

Monsieur le Rédacteur en chef
de *L'Industrie Électrique*.

Monsieur,

C'est avec un grand intérêt que nous avons lu la traduction de l'article de MM. Beddell et J. Reich sur « l'Oscilloscope » et publié dans votre numéro du 10 novembre 1927.

Nous nous permettons de signaler que nous avons réalisé et breveté, à une date antérieure à la publication de cet article, un dispositif oscillant synchronisé analogue à celui décrit.

Un oscillographe type « Western », monté avec notre dispositif, était présenté à l'exposition de Physique de juin dernier et, depuis, la Société Hewittic en a entrepris la fabrication et la vente.

Nous vous remettons une notice concernant cet appareil. Vous pourrez y voir des reproductions de photographies de courbes dont l'axe des temps reste bien linéaire malgré la synchronisation.

Veuillez agréer, etc...,

M. Touly,
M. Demontvignier.

Nous publierons prochainement la description de l'appareil de MM. Touly et Demontvignier.

Digitized by Google

LES LIGNES A 220 000 VOLTS
DE L'ÉTAT DE CALIFORNIE

La France a vu se développer ces temps derniers les grandes lignes de transport d'énergie à 100000 v, aussi n'est-il pas sans intérêt de voir ce qu'ont fait les Américains de leur côté qui exploitent des lignes bien plus longues. La description ci-après est relative à un réseau à 220000 v mis en service depuis quelque temps en Californie.

Il n'y a pas bien longtemps que l'on considérait les lignes à 100000 v comme un vrai tour de force et il semblait que l'on ne pouvait guère pousser plus loin l'emploi des hautes tensions à cause de l'importance que pourraient prendre les pertes par effet corona. Or voici que l'on a mis en service aux États-Unis depuis quelque temps des lignes à 220000 v qui montrent que l'on a mis au point l'appareillage qu'elles nécessitent.

La *Pacific Gas and Electric C°* qui dessert la région au nord de San Francisco, possède 28 usines hydro-électriques, 4 usines thermiques et un réseau qui comprenait déjà en 1924 plus de 5000 km de lignes dont 660 km à 220000 v et plus de 800 km à 110000 v.

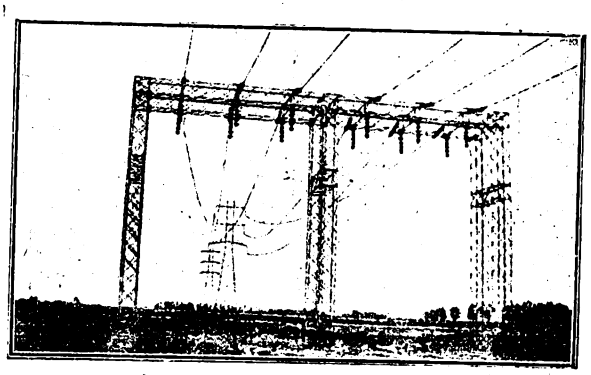


Fig. 1.
Portiques supportant les lignes à 220000 v à l'entrée du poste de Vaca Dixon.

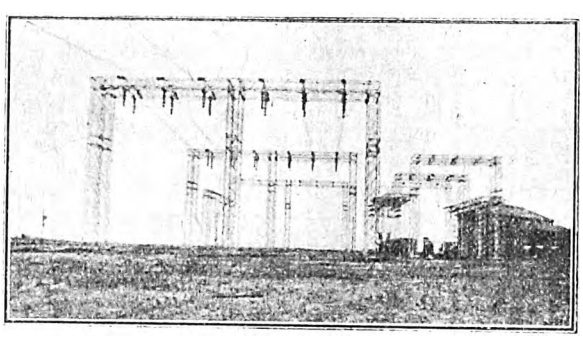


Fig. 2.
Poste aérien à 220000 volts.

Les principales usines hydro-électriques sont situées sur la Hat Creek et sur la Pit-River, l'énergie qu'elles produisent est transmise par deux lignes à 220000 v à Vaca Dixon, soit à 325 km de leur lieu de production et de là jusqu'à San Francisco (90 km), partie sur laquelle la tension n'est plus que de 110000 v.

Le poste abaisseur de Vaca Dixon, aérien naturellement, contient les appareils de compensation nécessaire au réglage de la tension sur l'ensemble des deux lignes. Chaque circuit peut transmettre 120000 kw avec une perte d'environ 8 pour 100.

La *Southern California Edison C°* utilise les chutes de Big-Creek et transporte l'énergie provenant des usines échelonnées le long de cette rivière jusqu'à Los Angeles par une double ligne de 430 km marchant à 220000 v. Cette ligne résulte de la transformation d'une double ligne préexistante à 150000 v. Cette transformation s'est faite sans interruption du service (1).

Les nouveaux circuits sont constitués de câbles en aluminium offrant une section de 605 mm², avec une âme en acier de 9,5 mm de diamètre. La transformation comportait deux opérations principales : la première consistait à surélever un grand nombre des pylônes, de manière à placer les câbles à 9 m au moins au-dessus du sol; la seconde consistait à ajouter deux éléments à chaîne d'isolateurs, et à munir les câbles d'anneaux spéciaux pour améliorer la répartition des efforts électrostatiques.

Pour exécuter les travaux sans danger, on employa un matériel spécial portatif de dérivation que l'on déplaçait sur deux lignes pour mettre hors circuit successivement les divers tronçons.

La surélévation des pylônes était d'ailleurs faite sans interrompre le courant.

Cette transformation a permis de porter la capacité de la ligne de 25000 à 250000 kv-a.

Les deux postes abaisseurs de tension sont situés : l'un au nord de Los Angeles à Eagle Rock, l'autre au sud de cette ville à Laguna Bell (fig. 3).

Le premier reçoit l'extrémité de la double ligne à 220000 v venant des usines de Big Creek et il est relié au second par un prolongement de cette double artère qui a 48 km de développement et qui contourne Los Angeles.

Le poste de Laguna Bell le plus récent est un poste extérieur dont le côté basse tension fournit en partie du courant à 15000 v et en partie à 60000 v.

Comme tous les postes de ce genre, il est pourvu de sectionneurs et de disjoncteurs placés en aval et en amont des transformateurs principaux.

Trois moteurs synchrones de 30000 kv-a chacun y sont également installés pour fournir la puissance réactive nécessaire au réseau concurremment avec les deux moteurs-condensateurs similaires d'Eagle Rock, soit au total 150000 kv-a.

On aura une idée de l'importance du réseau quand on saura que dès 1923, la Southern California Edison C° alimentait 300 villes ou villages au moyen de 24 usines

(1) Voir le *Génie Civil* du 19 février 1927.

Digitized by Google

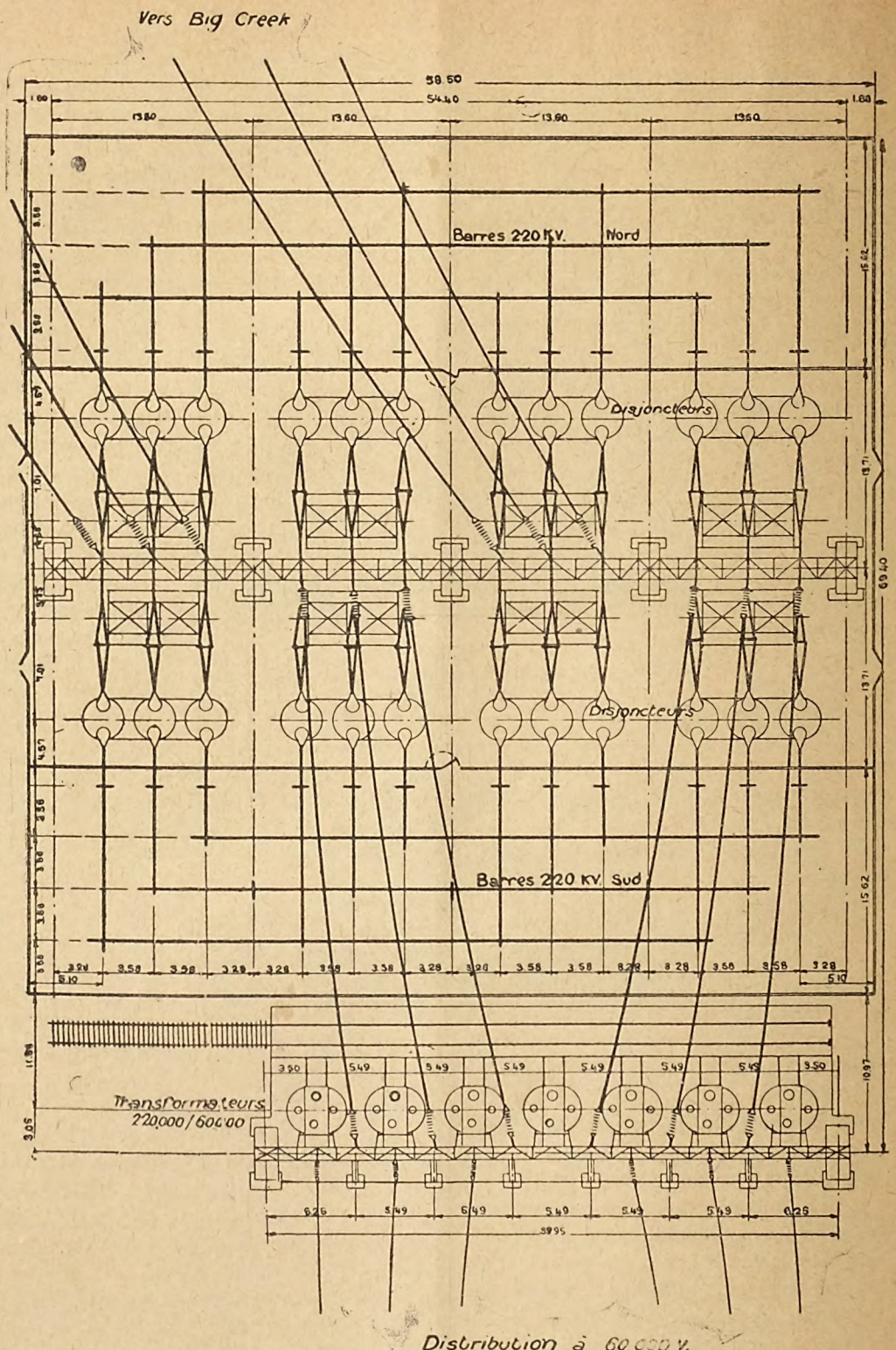


Fig. 3.
Schéma d'un poste abaisseur de 220 000 v à 60 000 v.

hydrauliques (puissance totale, 370 000 ch) et de 4 usines thermiques (puissance totale, 127 000 ch). Dans cette même année, la Compagnie avait distribué 1550 millions de hw-h, dont 1135 millions provenant des usines hydrauliques. L'utilisation annuelle des centrales ressortait à 4000 heures environ, soit près de 50 pour 100. La puissance totale installée chez les abonnés ressortait à 900 000 ch ou 675 000 kw.

Digitized by Google

Parmi les ouvrages importants des réseaux dont nous venons de parler, nous nous proposons de décrire (1) les points particuliers, notamment les traversées de la Sacramento River et de la San-Joaquim River par une dérivation de la ligne de la Pacific Gas and Electric Power C°, contournant de la baie de San-Francisco à l'est, pour rejoindre la ville par le sud. Ces traversées ont respectivement 1261 et 968 m de portées. Nous parlerons ensuite (2) d'une nouvelle ligne à 220 000 v établie pour relier les réseaux de la Great Western Power C° et de la San Joaquim Light C° laquelle possède des sous-stations en plein air remarquables par les dispositions prises pour en augmenter la puissance et par la faible masse des charpentes supportant les câbles et appareils.

Traversée des Fleuves Sacramento et San Joaquim. — Le réseau actuel à haute tension de la Pacific Gaz and Electric C° se compose d'une ligne double à 220 000 v ayant son origine au groupe d'usines hydro-électriques de la Pit-River et son extrémité au poste de Vaca Dixon avec une longueur d'environ 325 km.

A partir de ce point, elle continue sous la tension de 110 000 v, traverse à Carquinez l'estuaire commun aux deux fleuves et aboutit à San-Francisco après avoir des-

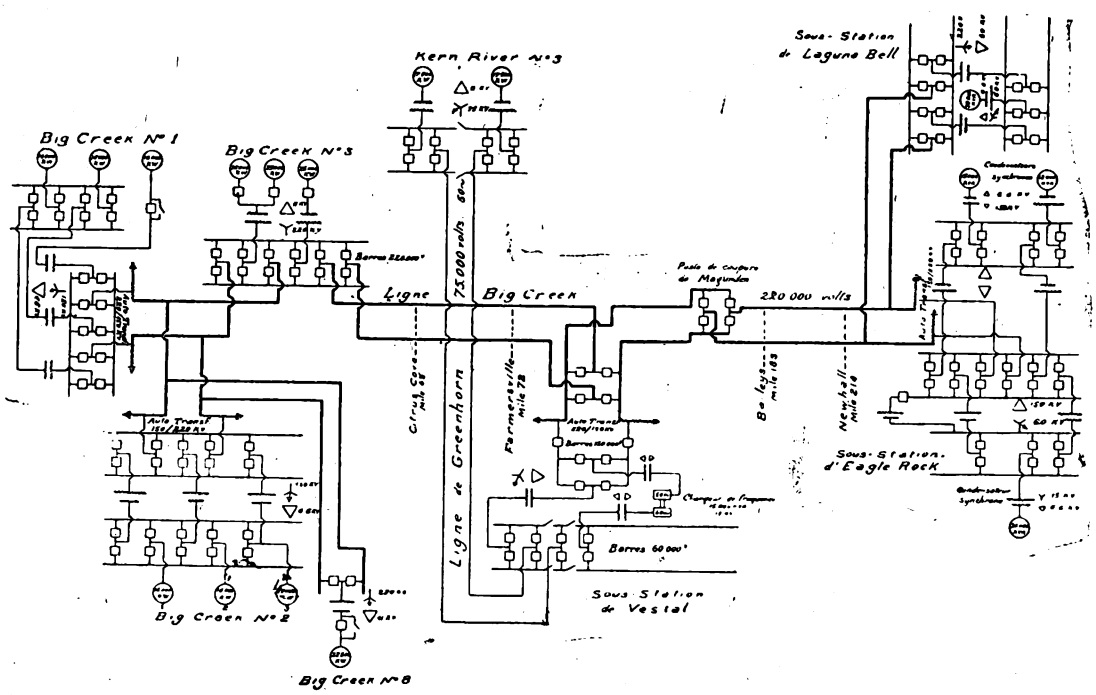


Fig. 4.
Schéma général unifilaire du réseau de la Southern California Edison C°.

servi plusieurs sous-stations et émis deux embranchements. La ligne nouvelle, actuellement à 110 000 v, mais dont la tension sera ultérieurement portée à 220 000 v, part de Vaca Dixon, traverse les deux fleuves et finit aux sous-stations Antioch et Contra Costa, avec une longueur de 46 km ; un prolongement d'à peu près même longueur est prévu pour alimenter la ligne principale à la pointe de la baie. La section la plus intéressante, comprenant les deux traversées, est longue de 7631 m.

Les dispositions de ces traversées diffèrent essentiellement de celles de la traversée des Narrows, près Tacoma (Etat de Washington). A Tacoma, la traversée, d'une portée de 1903,45 m, est en câble spécial d'acier, et les extrémités de cette section sont fixées aux pylônes par l'intermédiaire d'isolateurs ; l'effort horizontal sur la tête des pylônes est équilibré par des câbles d'acier où ne passe aucun courant, fixés à des massifs d'ancrage en béton, le courant passe dans des câbles de cuivre du type courant connectés à ceux de la traversée et ne jouant aucun rôle de résistance mécanique. Ici, il n'y a ni câbles de retenue ni massifs d'ancrage : le câble spécial est ininterrompu d'un ancrage à l'autre, et les hauteurs des pylônes intermédiaires, ainsi que les flèches de chaque portée, sont déterminées, en fonction des portées imposées par la disposition des lieux et des hauteurs libres à réserver pour la navigation, en sorte que les résultantes sur les pylônes intermédiaires soient sensiblement verticales, et les tensions sur les pylônes d'ancrage à peu près équilibrées par celles de la ligne en cuivre du type courant constituant les sections adjacentes.

Les pylônes sont calculés pour résister : à leurs poids propre et à la résultante verticale des tensions des câbles ; à un vent de 100 kg par m² de surface des pièces du pylône et 70 kg par m² de surface diamétrale des câbles ;

(1) *Génie Civil* du 19 février 1927. — *Electrical World* du 11 décembre 1926. — *Bulletin de la Société Française des Electriciens*, mai 1926.
(2) *World Power* de janvier 1927

Digitized by Google

à un effort horizontal de 9 t, correspondant au déséquilibre corrélatif à la rupture d'un des six câbles; à un effort horizontal de 2250 kg, correspondant à des inégalités éventuelles de tension des cinq autres (par exemple, une travée étant couverte par l'ombre d'un nuage et la travée adjacente en plein soleil). La douceur du climat permet de ne pas prévoir de givre dans l'estimation du poids des câbles.

Les pylônes ont la forme d'une pyramide quadrangulaire dont chaque pied est fondé sur un massif ayant un poids égal à au moins une fois et demie l'effort de soulèvement éventuel; ces massifs sont fondés, pour les deux pylônes types A et B sur le sable, pour les pylônes types P et Q sur la marne ou l'argile, pour les pylônes intermédiaires, en sol vaseux, sur des pieux ayant une fiche de 9 à 24 m. Les pylônes d'ancrage en entier et la partie supérieure des pylônes de suspension, qui est de même type, sont en pièces galvanisées et boulonnées; la partie inférieure est en pièces peintes et rivées, les pièces comprimées à treillis et les pièces tendues en cornières. La partie supérieure comporte trois bras de suspension dont le moyen et l'inférieur sont munis d'un plancher métallique pour le montage des lignes supérieures et moyennes; un troisième plancher est disposé à une hauteur convenable pour le montage des lignes inférieures et l'accès a lieu par escaliers, et non par échelles comme dans la plupart des pylônes analogues. Les trois conducteurs d'un même circuit sont du même côté des pylônes, sans permutation pour compenser les effets d'induction sur les circuits voisins : la distance minimum d'un conducteur à une pièce à la terre est 1,75 m, la distance verticale de deux conducteurs d'un même circuit 4,57 m, et la distance horizontale des deux circuits 7,52 m.

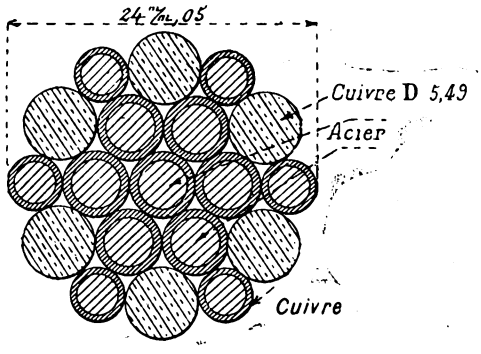


Fig. 5.
Coupe du câble composé employé pour les traversées à grande portée.

Après étude comparative, on a adopté un câble (fig. 5) composé de six fils de cuivre étiré dur et de treize fils d'acier revêtu de cuivre, présentant une conductivité égale à 50 pour 100 de celle d'un fil de cuivre de même diamètre. Les fils sont de diamètres divers afin que la section comporte le moins de vides possible; dans le même but, les deux couches sont toronnées dans le même sens. Le diamètre du câble est 24 mm, son poids par mètre courant 3,207 kg et sa tension de service environ 9500 kg, avec un coefficient de sécurité de 2,5 à 3.

Chaque câble est suspendu aux pylônes intermédiaires par deux chaînes de quinze isolateurs, dont la porcelaine travaille à la compression; l'élément inférieur de la chaîne est muni d'une rondelle de répartition du flux; les deux chaînes sont suspendues aux bras d'une pièce métallique en T renversé, articulée au pylône, et portent le câble par l'intermédiaire d'une pièce convexe munie d'une rainure.

Les isolateurs d'ancrage comportent quatre chaînes de quinze éléments, entre lesquelles la tension est équilibrée au moyen d'un dispositif de leviers. Le câble passe sur une poulie fixée à une pièce rigide; l'extrémité du câble est juxtaposée au long brin sur une longueur de 15,25 m et serrée contre ce brin par des boulons en étrier. Les quatre chaînes d'isolateurs sont articulées aux quatre coins de la pièce rigide : deux s'assemblent, par boulon de réglage et écrou à rotule, aux extrémités d'un fléau; les deux autres s'assemblent de la même manière aux extrémités de deux demi-leviers, articulés sur un fléau, et sur la chape de suspension du premier fléau. Cette chape est munie d'un boulon jouant dans un trou ovalisé du fléau, lequel est accroché au pylône par une chape. Les bras des demi-leviers étant égaux, les tensions sur les quatre chaînes sont égales. Si une chaîne casse, la réaction descendante diminue et la chape se rapproche du fléau jusqu'à ce que le boulon porte sur le haut du trou ovale; en même temps, le fléau s'incline du côté de la chaîne intacte, qui est déchargée de ce fait, et toute la réaction du câble est portée par les chaînes. Si une chaîne casse, la réaction ascendante diminue, et la chape s'éloigne jusqu'à ce que le boulon porte sur le bas du trou ovale, ce qui fait porter toute la réaction du câble sur les chaînes; en même temps le fléau s'incline vers la chaîne intacte, qui est déchargée de ce fait. Il va de soi que, dans l'une ou l'autre éventualité, la réparation de la chaîne brisée doit être exécutée sans délai.

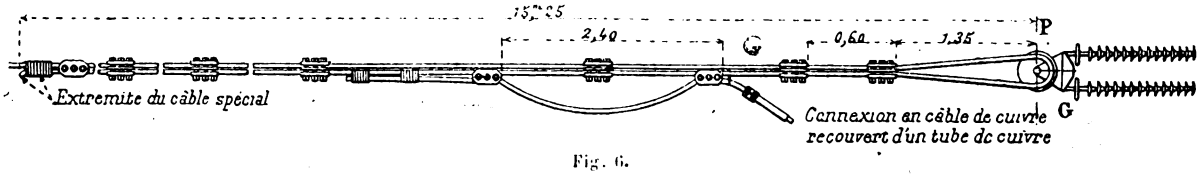


Fig. 6.
Dispositif d'extrémité du câble spécial d'ancrage.

La connexion entre la ligne spéciale et la ligne courante est réalisée par un câble de cuivre, serré et épissé à la ligne comme le montre la figure 6, et revêtu entre les deux épissures d'un tube de cuivre de 51 mm, dans le

Digitized by Google

but de lui donner de la rigidité; ce tube est suspendu au pylône par deux ou trois chaînes d'isolateurs. L'expérience de ces dispositifs de fixation et de connexion a montré que les vibrations du câble étaient suffisamment amorties pour qu'il n'y ait pas à craindre de modifications moléculaires dans la région des appuis; les gorges des poulies d'ancrage et des selles de support ont néanmoins été prévues pour permettre de placer au besoin un câble auxiliaire prenant une partie de la réaction, comme à Tacoma.

Pour chaque traversée, le câble spécial est d'un seul tenant; pour la plus longue sa longueur est d'environ 2800 m et son poids d'environ 10 t. La bobine du câble étant montée sur un chaland, on en déroulait une longueur suffisante pour atteindre le pylône d'ancrage, puis le bateau traversait le fleuve en filant le câble dans l'eau, de façon à ne pas interrompre la navigation. Le câble était alors complètement débobiné et tiré dans la direction du pylône d'ancrage; puis, l'extrémité étant fixée au pylône d'ancrage, le câble était muni d'une poulie dont la chape était fixée au câble d'un treuil permettant de la hisser au pylône de suspension, puis l'extrémité libre du câble était tirée par un autre treuil placé au delà du pylône; cette dernière opération se faisait pendant une interruption de la navigation.

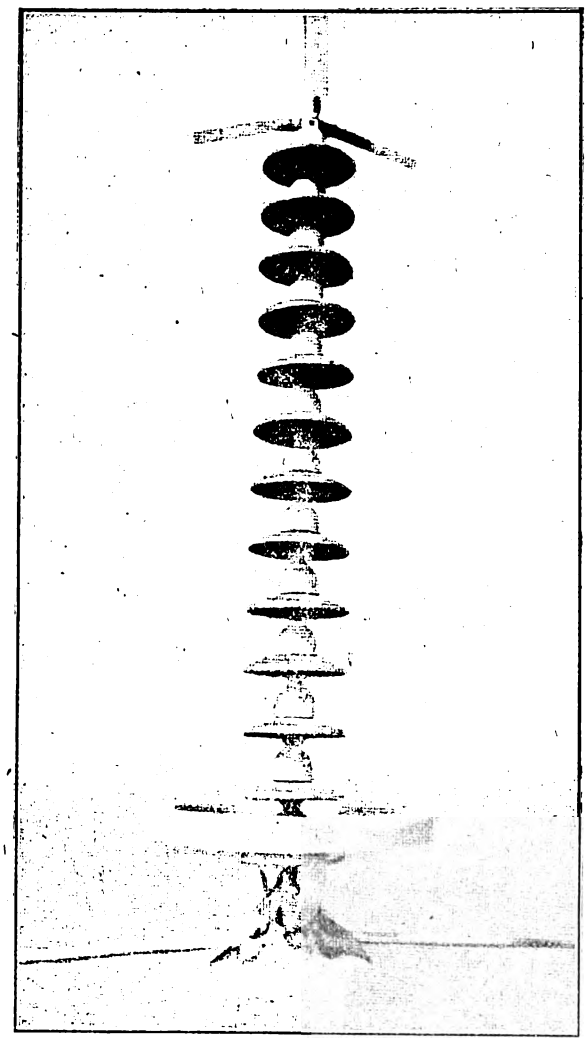


Fig. 7.
Photographie d'une chaîne d'isolateurs pour 220000 v.

On procédait alors au réglage des flèches, puis à la fixation de l'extrémité du câble, repliée autour de la poulie P du dispositif d'isolement, et enfin l'on remplaçait les supports et ancrages provisoires par les chaînes d'isolateurs. Toutes les précautions d'usage étaient prises au cours de ces opérations, à la traversée des voies ferrées, des lignes téléphoniques et des réseaux électriques.

Ligne Brighton-Merced. — Le réseau de la Great Western Power C° comprend la région industrielle du nord de la Californie : vallée du Sacramento, ville et baie de San-Francisco; il est alimenté par un ensemble d'usines situées sur la Feather River, dont le débit est régularisé par un lac de plus de 1 500 millions de m³, à la cote 1 550 m; la puissance disponible atteint 1 million de ch, dont 175 000 aménagés et 60 000 autres en voie d'aménagement. La San-Joaquim Light and Power C° dessert les régions agricoles du centre et du sud, y compris la vallée du San-Joaquim, par plusieurs usines hydrauliques alimentées par des torrents sans réservoir régulateur, et surtout par des usines thermiques situées dans la région des sources de gaz naturel. La jonction des deux réseaux est d'autant plus souhaitable que la charge maximum du premier se produit en décembre et celle du second en été, à cause du pompage de l'eau d'irrigation. Cette jonction a été réalisée par une ligne, qui sera prolongée ultérieurement jusqu'à la Feather River pour recevoir l'apport d'une usine projetée; sa longueur totale atteindra alors 400 km.

Le tracé, presque rectiligne, entre Brighton (près Sacramento) et Merced sur le San-Joaquim, a été choisi de préférence à d'autres tracés plus rapprochés des agglomérations, à cause du moindre prix des terrains et des moindres sujétions de traversées de voies ferrées et de lignes électriques ou téléphoniques. Le lever du terrain a été fait au 1/4800 par photographie en avion, puis le tracé a été étudié sur plan et reporté sur le terrain au tachéomètre; en même temps ont été étudiées les voies d'accès pour le transport du matériel. La largeur d'emprise reconnue nécessaire pour la sécurité est de 25 m.

Les conditions de sécurité imposées par des règlements administratifs varient suivant les climats. Dans les régions froides, le conducteur doit supporter une couche de glace de 13 mm et un vent de 30 kg par m² de projection diamétrale du câble revêtu de glace, à — 18° C. Dans les régions où la givre n'est pas à craindre, le vent est de 40 kg, à — 7°. Dans les deux cas, le vent sur la surface effective des pylônes est 65 kg/m². Les coefficients de sécurité minimum exigés sont 2 pour le câble, 3 pour les isolateurs, 1,50 pour l'effort de soulèvement des pylônes, 3 pour l'effort opposé, 1,50 par rapport à la limite d'élasticité pour le métal du pylône. Les hauteurs libres à

Digitized by Google

+ 55° C. doivent être d'au moins 10,37 m au-dessus des voies ferrées et 9,15 m au-dessus des routes; les pylônes encadrant les traversées doivent résister aux coefficients de sécurité ci-dessus avec deux fils brisés.

La considération des pertes par effet corona impose une distance de 4,88 m entre conducteurs de 25 mm. Dans les régions sans givre, les conducteurs d'un même circuit peuvent être placés dans un plan vertical, et par conséquent un même pylône peut porter deux lignes. Dans les régions froides, les conducteurs ne peuvent être disposés ainsi, à cause des courts-circuits pouvant résulter de la chute du givre : on en met généralement un d'un côté du pylône et deux de l'autre dans des plans verticaux différents, comme sur la ligne Gösgen-Pouxeux (Vosges).

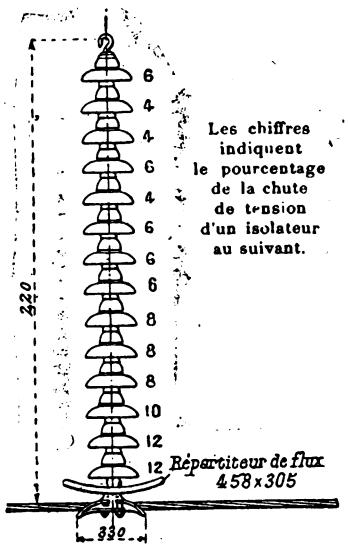


Fig. 8.
Chaine d'isolateurs de la ligne Brighton-Merced.

Le câble adopté après étude comparative est formé de 7 fils d'acier à 91 kg par mm² de limite élastique, de 2 mm de diamètre, et de 54 fils d'aluminium de même diamètre : le diamètre du câble est de 27,76 mm, sa charge de rupture 12 600 kg, son coefficient d'élasticité composé 11×10^9, et son coefficient de dilatation composé $10{,}87 \times 10^{-6}$. On a adopté une tension de service modérée (5170 kg), soit un coefficient de sécurité d'environ 4. Une ligne peut être posée soit fortement tendue, par conséquent avec de petites flèches et des pylônes peu élevés, soit avec tension modérée, grandes flèches et hauts pylônes : ce dernier parti est préférable au point de vue des efforts sur les isolateurs, de l'amortissement des vibrations et de la facilité du montage et des réparations. Avec la tension adoptée, la portée optimum est de l'ordre de 250 m.

Pour faire les joints, on découvre le toron central en acier, puis on entre les bouts libres dans un manchon d'acier de diamètre légèrement supérieur; ce manchon est aplati avec une presse hydraulique portative de 100 t, puis revêtu d'une couche de peinture antirouille. On rabat alors les fils d'aluminium par-dessus le manchon et on passe par-dessus un manchon d'aluminium préalablement passé sur le câble, puis on aplatit ce manchon avec la même presse munie d'autres matrices. Le joint ainsi réalisé est aussi solide que le câble courant. Pour les abouts d'ancrage, on emploie un manchon du même genre, mais fermé à une extrémité, qui est munie d'un œil pour y boulonner l'extrémité de la chaine d'isolateurs.

Les constantes électriques du câble sont : résistance à 0° : 0,074 ohm par kilomètre, réactance à 60 per : sec 0,462 ohm par kilomètre.

Le câble est suspendu par des chaines de douze isolateurs (fig. 7 et 8), de 4500 kg de résistance à la rupture; l'isolateur inférieur porte une selle de suspension et une plaque de répartition du flux à laquelle on a donné une forme elliptique et un certain bombement dans le but d'en augmenter l'effet. Les chaines d'ancrage comportent seize isolateurs d'un type plus robuste et une plaque de répartition de mêmes dimensions; la connexion entre les deux ancrages est faite par un bout de câble du type courant dont le manchon terminal est boulonné sur le manchon d'ancrage.

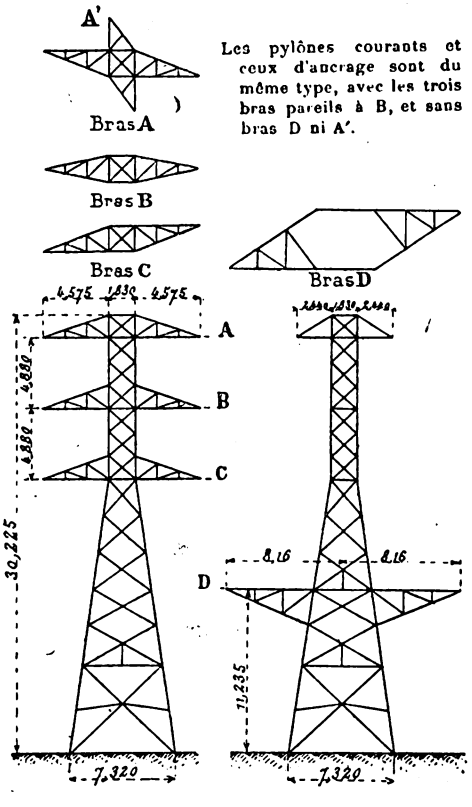


Fig. 9 et 10.
Élévations d'un pylône de transposition.

Les pylônes sont calculés pour résister avec les coefficients de sécurité indiqués plus haut; les caractéristiques du métal sont : rupture 40 kg:mm²; limite élastique 31,5 kg; allongement 22 pour 100. Tous les éléments ont été galvanisés par trempage et la plupart des assemblages sont boulonnés. La fondation en terrain résistant est creusée au moyen d'une machine spéciale qui fore pour chacun des quatre pieds un trou de 1 m de diamètre et 2,75 m de profondeur à la pente du montant; au fond du trou est placé un disque métallique auquel se fixe le montant. On admet que l'effort de soulèvement se transmet à un tronc de cône ayant ce disque pour base et un angle de 60° sur l'horizontale. En terrain marécageux, la fondation est en béton. Quelques pylônes ont été éprouvés en place, en exerçant sur les points de suspension des câbles, au moyen de treuils agissant par l'intermédiaire de dynamomètres, des efforts égaux aux maxima admis pour le calcul; les résultats ont été satisfaisants et le mode de fondation s'est montré efficace.

Digitized by Google

Pour compenser les effets d'induction sur les circuits voisins, les conducteurs sont permutés tous les 9654 m (6 milles); aux points de permutation sont des pylônes spéciaux (fig. 9 et 10), comportant un bras supplémentaire dans le plan de la ligne. Le fil supérieur venant de gauche se fixe au bras B du pylône de permutation et continue à droite dans la position moyenne; le fil moyen venant de gauche se fixe au bras C et continue à droite dans la position inférieure; le fil inférieur se fixe au bras D, puis au bras A' dans le plan de la ligne et, enfin, au bras A, et continue à droite dans la position supérieure. La transposition est inverse pour les fils du second circuit.

On s'est attaché à réduire les dépenses de construction en personnel et transports. Les pièces des pylônes étaient expédiées par voie ferrée par lots d'environ 300 kg.; ces lots étaient pris à la tête de ligne par un tracteur Fordson muni d'une grue, qui, après triage, chargeait une remorque à deux roues spécialement étudiée pour porter les éléments de deux pylônes complets. Cette remorque était amenée à pied d'œuvre par un autre tracteur, à roues ou à chenilles, suivant la nature du sol, puis le pylône était monté sur place. Les bobines de câble étaient amenées par les mêmes remorques, puis montées sur une brouette dérouleuse à roues de grand diamètre. Le câble était passé sur des poulies à roulement à billes, pendues aux bras des pylônes à la hauteur convenable, puis la tension était donnée par un tracteur par l'intermédiaire d'un dynamomètre; après vérification des flèches, on remplaçait les poulies par les isolateurs. La dépense réelle a été sensiblement inférieure à l'estimation de 2 millions de dollars. La ligne aboutit à une sous-station où arrivent également les lignes à 110000 v de la San-Joaquim Light and Power C°. Cette sous-station comporte trois transformateurs monophasés formant une unité triphasée de 90000 kv-a, abaissant la tension à 11000 v, et un condensateur synchrone de 25000 kv-a.

Plus de deux années se sont écoulées depuis la mise en service de l'installation et l'on peut affirmer maintenant que, grâce à la perspicacité et à l'habileté des ingénieurs des deux Compagnies, l'exploitation d'un synstème à 220 kv est définitivement entrée dans le domaine de la pratique. Le seul fait qu'environ 4 milliards de kw-h ont été élevés et transportés à cette tension fournit, à l'appui de cette affirmation, une preuve assez impressionnante. Du point de vue financier, la situation favorable dont jouissent ces deux Sociétés, les réalisations et les extensions apportées d'une manière incessante à leur système de transformation et de transport, témoignent suffisamment de la valeur des résultats obtenus. Il ne faut pas perdre de vue cependant que la justification du choix du 220000 v suppose la mise en jeu de trafics considérables. C'est ainsi que dès l'origine du fonctionnement des lignes de la Southern California Edison C°, la puissance à transporter était de 100000 kw, par ligne de 400 km, avec une utilisation de l'ordre de 4000 heures. P. Normier.

LA REPRODUCTION ÉLECTRIQUE DES ENREGISTREMENTS PHONOGRAPHIQUES

Un outil perfectionné fournit généralement des résultats très délicats quelquefois impossibles à obtenir avec d'autres plus simples. Dans cet ordre d'idées, l'amplificateur thermoionique améliore considérablement l enregistrement et la reproduction des sons.

La reproduction électrique peut être décomposée en trois stades : 1° La production d'une certaine tension au moyen d'une aiguille oscillante ; 2° l'amplification ; 3° La transformation de l'énergie électrique en énergie acoustique. Le premier de ces points donne lieu à des problèmes de mécanique et d'électricité dont l'étude est justement le premier objectif de l'article ci-dessous, ceux de l'amplification et de la question connexe du haut-parleur ayant déjà été traités abondamment dans maints ouvrages.

Le phonographe électrique avec « pick up » peut être réalisé de différentes manières, et sur divers principes : électrostatique, piézo-électrique, électromagnétique, et par résistance variable ou microphonique.

Les dispositifs actuellement construits sont du type électromagnétique.

Étant donné que l'armature mobile ne peut être fixée à l'extrémité de l'aiguille, celle-ci doit lui transmettre ses vibrations par l'intermédiaire d'une liaison plus ou moins flexible; ces vibrations se trouvent évidemment transmises, mais dans des conditions qui doivent faire l'objet de grands soins, si l'on s'attache aux qualités de fidélité et de puissance de reproduction. On trouvera ci-dessous une analyse des conditions mécaniques remplies par un modèle d'appareil actuellement mis au point.

De nombreux et intéressants dispositifs ont été réalisés aux cours des dernières années, visant à l'enregistrement et la reproduction des sons, dans de meilleures conditions de fidélité. Les essais effectués dans cette voie conduisirent à un enregistrement électrique, et à une reproduction soit électrique, soit mécanique. L'étude de certaines questions posées par la reproduction électrique semble nécessaire (étant donné l'importance des débouchés possibles de cette méthode), ainsi que la nature fondamentale de certains des phénomènes qu'elle met en jeu.

Comparaison entre les systèmes mécaniques et électriques. — L'avantage inhérent à la méthode d'enregistrement et de reproduction électriques est la possibilité qu'elle offre d'utiliser des amplificateurs.

Dans les anciens systèmes d'enregistrement, l'aiguille est commandée mécaniquement par un diaphragme sur lequel agissent les ondes acoustiques. La puissance appliquée à l'aiguille est donc limitée à ce qui peut être

Digitized by Google

collecté de la source d'émission par le diaphragme. Au contraire, dans le cas d'enregistrement électrique, la puissance sur l'aiguille peut être portée à toute valeur désirable, sans nécessiter, pour cela, des enregistrements plus puissants.

Dans les appareils acoustiques, on recherche généralement une sensibilité extrême au détriment de la qualité. L'aiguille atteint son amplitude nécessaire grâce à un pavillon de concentration des sons sur le diaphragme qui est d'un type à résonance.

Ces conditions de fonctionnement sont autant de causes de distorsion. Dans l'enregistrement électrique, on utilise un « pick up » (chercheur) acoustique sans pavillon.

Sa puissance électrique propre est faible, mais peut être amplifiée sans distorsion notable, en sorte que l'aiguille de traçage peut être soumise à des efforts magnétiques relativement importants; il y a même intérêt à augmenter fortement son amortissement, pour réduire ses effets de résonance propre pour certaines fréquences musicales, ainsi qu'on le verra en détail plus loin.

En ce qui touche la reproduction, la possibilité d'amplification ne conserve pas au système électrique les mêmes avantages qu'à l'enregistrement, car alors l'aiguille peut donner une puissance considérable, ou fournir une énergie importante à l'organe vibrateur. Cette puissance est obtenue par la rotation du disque impressionné. En fait, l'enregistrement d'un disque et sa production, peuvent être considérés comme une méthode d'amplification.

Les dispositifs mécaniques ont pour eux l'avantage de la simplicité. Ceux électriques sont supérieurs en souplesse et en facilité de réglage, et d'accroissement de la puissance.

La reproduction électrique peut être décomposée en trois étapes (1) : 1° La vibration d'une aiguille qui fournit une onde de tension correspondante à l'onde sonore tracée dans la rainure du disque. 2° L'amplification de cette tension. 3° La conversion en puissance acoustique, au moyen de haut-parleurs.

Le présent article traite particulièrement du dispositif par lequel une aiguille mobile fournit la tension appliquée aux amplificateurs.

Différents types possibles de reproducteurs. — Les mêmes principes par lesquels les vibrations d'un diaphragme microphonique produisent des courants vocaux pouvent être appliqués à la reproduction phonographique. De nombreux types de microphones ont été utilisés, parmi lesquels le magnétophone (premier microphone Bell fonctionnant aussi en récepteur), le microphone à résistance variable, le condensateur microphonique, et le microphone piézo-électrique. On peut les classer en deux catégories :

1° Ceux dont la tension de débit est proportionnelle à la variation aux bornes.

2° Ceux dont la tension de débit est fonction de la vitesse vibratoire du diaphragme. Les microphones à charbon, à condensateur, et à cristal piézoélectrique appartiennent à la première catégorie; et le magnétophone à la seconde. La tension fournie par les premiers est proportionnelle à l'amplitude de la perturbation qui les touche, et indépendante de sa fréquence, tandis que celle fournie par les seconds est proportionnelle au produit de l'amplitude par la fréquence.

Lequel de ces dispositifs convient le mieux à la reproduction?

Si le système d'enregistrement utilisé est tel que, l'oscillation de l'aiguille reste proportionnelle à la pression de l'onde acoustique originale, on choisira un microphone du premier type. Si, au contraire, l'enregistrement a eu lieu avec une aiguille dont la vitesse instantanée est liée à la pression de l'onde acoustique, on prendra un microphone du second type. Utilisés dans les conditions voulues, les deux systèmes sont équivalents, du point de vue de la reproduction sans distorsion.

Le choix définitif portera donc sur des considérations telles que la proportionnalité des bruits parasites, la durée des disques impressionnés, l'interchangeabilité des disques, et la mise au point pratique d'un système de qualité aussi voisines que l'exige la théorie.

Les microphones du second type remplissent mieux la condition d'interchangeabilité des disques entre gramophones différents. Un diaphragme, placé à l'embouchure d'un long tuyau, y propagera des ondes sonores de pression proportionnelle à sa vitesse de déplacement. Si, au lieu d'un tuyau, le diaphragme travaille sur un pavillon approximativement exponentiel, les relations restent à très peu près les mêmes, sur la presque totalité de la gamme des fréquences; mais, au-dessous d'une certaine fréquence la puissance radiée par le pavillon devient négligeable. Si le mouvement de l'aiguille est convenablement lié à celui du diaphragme, le phonographe à pavillon débite sous une pression acoustique proportionnelle à la rapidité de déplacement de l'aiguille, tout au moins pour les fréquences supérieures à une certaine valeur. Dans certains dispositifs récents, utilisant des pavillons longs et à très lente ouverture, la limite inférieure de fidélité a été très étendue; en outre, la disposition des résonances ajoute à cette fidélité. Il devient donc évident que, si la reproduction électrique peut permettre l'interchangeabilité des disques et des appareils, elle devra être basée sur le principe second énoncé plus haut.

Parmi les systèmes à relation linéaire entre la tension de débit et la vitesse de l'aiguille, ceux magnétiques et piézo-électriques se sont révélés très efficaces La possibilité d'emploi du condensateur microphonique ne se pose pas. M. Chester W. Rice, de la General Electric Company a fait des réalisations très probantes avec un cristal piézo-électrique. Le reproducteur magnétique donna substantiellement les mêmes résultats, et fut préféré à d'autres pour des raisons de facilité de construction. Les

(1) *Journal of the A. I. E. E.*, octobre 1927. M. E. W. Kellog.

Digitized by Google

questions mécaniques touchant ce dispositif sont d'un intérêt tout particulier.

Le reproducteur magnétique phonographique « pick up ». — La figure 1 montre plusieurs réalisations schématiques possibles du dispositif pour être utilisées sur des disques à sillons latéraux par opposition à ceux à sillons en profondeur. Tout mouvement de l'aiguille entraîne une variation de flux à travers la ou les bobines; la force électromotrice induite est fonction de la vitesse de cette variation, c'est-à-dire de la vitesse de déplacement de l'armature métallique. Si l'enroulement ne comporte aucun court-circuit, s'il n'est le siège d'aucun autre courant, et si les circuits magnétiques sont à faible réluctance pour toutes les fréquences compatibles avec les entrefers, la fidélité de reproduction dépend uniquement de la similitude des mouvements de l'aiguille et de l'armature qu'elle entraîne. Si les assemblages et les pièces elles-mêmes peuvent être tout à fait rigides, cette similitude peut être complète et sans distorsion.

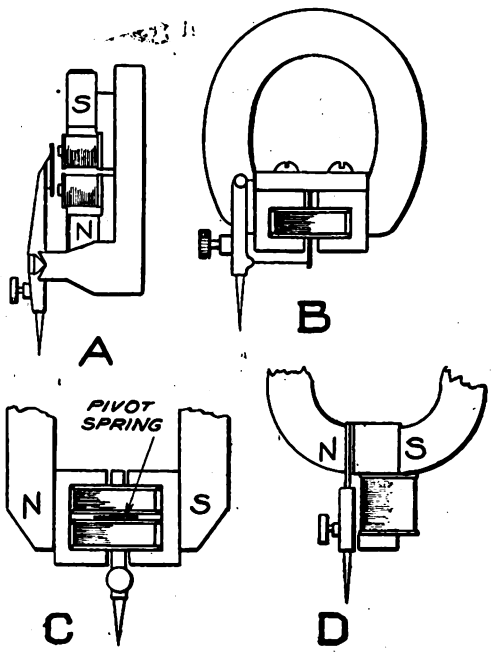


Fig. 1.
Différents types de réalisation du « pick-up » phonographique.

Le fer mobile n'absorbe qu'une énergie insignifiante, l'enroulement travaillant virtuellement à vide; dans le cas même où il serait chargé à travers une résistance, la puissance absorbée ne suffirait pas à provoquer un amortissement sensible. Cependant, on est conduit à laisser un certain dur dans le montage de l'armature pour conserver à l'ensemble la résistance voulue aux efforts magnétiques.

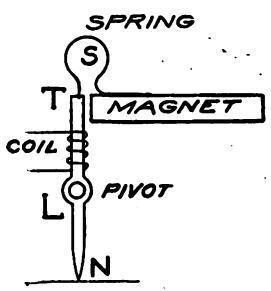


Fig. 2.
Pièces caractéristiquss essentielles du « pick-up » magnétique.

Le problème mécanique peut être posé comme suit : Étant donné un mouvement déterminé, appliqué à l'extrémité d'une aiguille, transmettre un mouvement de forme identique à un petit élément magnétique situé à une distance non négligeable de la pointe d'aiguille; cet élément magnétique sera constamment sollicité vers sa position moyenne par un dispositif à ressort, ou autre.

La première condition peut être réalisée de trois manières différentes :

1° Par un accouplement rigide.

2° Par un ressort potentiométrique.

3° Par un système filtrant d'oscillations mécaniques.

La figure 2 montre le dispositif magnétique du pick-up sous sa forme schématique. Les seules sources de non-similitude entre les mouvements de N et de T sont la variation d'élasticité possible du ressort S et le jeu dans le pivot L. En d'autres termes, un assemblage rigide évitera toute distorsion. L'auteur a donné à ce dispositif le nom de ressort potentiométrique, par analogie avec le potentiomètre électrique. Si deux ressorts sont reliés en série (fig. 3) le mouvement du point de jonction T reste l'homothétique de celui de l'extrémité N. Le rapport d'homothétie ne reste cependant constant que si les masses n'interviennent pas.

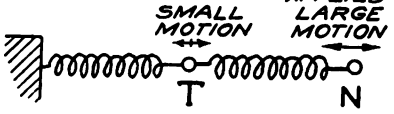


Fig. 3.
Ressort potentiométrique.

Si la masse est localisée en T, elle n'influera pratiquement pas, à la condition que la fréquence propre d'oscillation du système soit très supérieure à la plus haute fréquence de mouvement appliquée en N.

Le troisième système possible de reproduction intégrale du déplacement de N en T utilise à la fois les élasticités et les masses réparties du système. Cette répartition ne demande pas à être nécessairement uniforme, mais les masses et les éléments souples doivent satisfaire entre eux à certaines relations fonctions des fréquences à transmettre. Il existe, dans ce cas, un mouvement oscillatoire défini et une différence de phase progressive entre les déplacements des éléments successifs de l'ensemble. Du fait que les masses et éléments élastiques sont localisés plutôt qu'uniformément répartis, l'ensemble acquière les propriétés d'un filtre oscillatoire, d'où le nom de « dispositif à structure filtrante » qui lui a été consacré par MM. Harfield et Harrison dans leurs travaux concernant la reproduction et l'enregistrement phonographiques. Dans le cas où la distance sur laquelle se transmet le mouvement atteint plusieurs centimètres, la réalisation d'une transmission rigide devient impossible, aussi bien d'ailleurs, que toute autre où les masses prennent une importance non négligeable. Les oscillations deviennent inévitables, et la fidélité ne peut être conservée qu'à la condition d'empêcher toute reflexion d'oscillation.

Ceci suppose une proportion très étudiée entre la masse et l'élasticité de chaque élément, ainsi que l'absorption, dans une résistance mécanique convenable.

Digitized by Google

ment établie, de l'énergie oscillatoire. Ces conditions étant remplies, il n'existe pratiquement plus de limite à la distance de propagation homotéthique du mouvement initial. Dans le cas particulier de la reproduction mécanique d'un disque à taille latérale, la pointe d'aiguille est trop éloignée du diaphragme pour lui donner, avec celui-ci, un accouplement réellement rigide, tandis que la résistance mécanique nécessaire pour une transmission convenable, est fournie par les réactions de l'air sur le diaphragme. Le système à structure filtrante est donc le seul logiquement appliquable.

Par ailleurs, en ce qui concerne le reproducteur électromagnétique, il semble possible de réduire les dimensions dans les limites permises et d'alléger l'ensemble de façon à lui assurer une excellente rigidité. Dans ces conditions, la mise au point du dispositif serait très simplifiée, le degré de fidélité de reproduction pourrait être réduit, et l'on éviterait, en outre, la nécessité de créer des organes mécaniques purement résistants.

Les reproducteurs magnétiques peuvent être de différents types tels que : à cadre mobile ou à armature magnétique mobile, à armature avec pivot central ou extrême, à enroulements sur les pôles ou sur l'armature. La figure 4 les représente schématiquement.

Le système à cadre mobile suppose un long entrefer, et, par conséquent, un aimant puissant. En outre, la masse de l'enroulement est assez importante. Des dispositifs dont l'armature s'éloignerait et se rapprocherait de pôles magnétiques auraient plus de facilité à fournir une grande variation de flux, sans un faible mouvement d'une masse moindre.

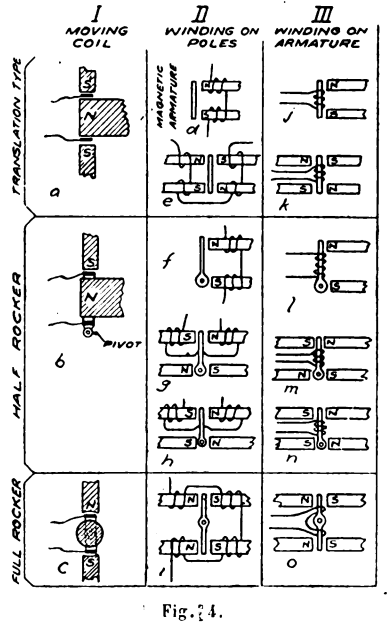


Fig. 4.
Réalisations diverses de circuits magnétiques.

Il y a d'ailleurs encore lieu de distinguer entre divers systèmes d'armatures magnétiques. Il vaut mieux effectuer les enroulements sur l'armature, plutôt que sur les pôles, car, la plus grande part de variation de flux, dans cette armature, n'intéresse qu'un tube magnétique étroit issu des pièces polaires, et ne couperait pas toutes les spires d'une bobine sur les pôles. On devra donc limiter son choix à l'un des dispositifs de la colonne III (fig. 4).

Vient ensuite la question de préférence entre l'action simple, et l'action compensée (push-pull). En comparant, par exemple, les systèmes *k* et *j* (fig. 4), on peut dire que l'addition de deux pôles sur la gauche de l'armature double l'effet magnétique résultant d'un mouvement donné de l'armature; en effet, l'entrefer dans lequel a lieu la variation de reluctance est doublé. En outre, la présence de pôles opposés de chaque côté de l'armature réduit le champ permanent à travers celle-ci, et y fait prédominer le flux variable. D'autre part, l'armature de *k* peut être plus légère que celle de *j*. Le système d'armature à pivot présente un avantage sur celui à translation. La variation de flux n'y intéresse, en effet, que les extrémités de l'armature, le déplacement de sa partie centrale étant négligeable.

Il reste donc maintenant à comparer le dispositif à pivot central et celui à pivot extrême. Dans le premier cas, le milieu de l'armature est maintenu à un potentiel magnétique constant. Si l'on suppose que la partie supérieure seule d'une armature à pivot central se déplace dans un entrefer, la variation de flux qu'elle y subit reste la même, si la partie inférieure reste immobile, à potentiel magnétique constant. En d'autres termes, on peut dire que la demi-armature supérieure fournit la variation de flux et que la demie-armature inférieure sert à maintenir le milieu à un potentiel invariable. Dans le cas à pivot extrême, on peut conserver à la région pivotante un potentiel à peu près constant en ménageant à cet endroit une réluctance d'entrefer relativement faible par rapport à celle où se déplace l'extrémité libre. Si ces deux réluctances sont équivalentes, la variation de flux sera moitié de celle obtenue avec pivot central; si l'entrefer côté pivot possède une réluctance égale au quart de celle de l'entrefer côté armature libre, la variation de flux ne sera que les 8/10 de celle obtenue avec pivot central. Ces chiffres supposent une chute de potentiel, dans l'armature et les masses polaires, négligeable par rapport à celle à travers l'entrefer. Il s'ensuit que le système à pivot extrême n'apparaît pas nécessairement inférieur à celui à pivot central, au point de vue magnétique.

Du point de vue mécanique, on verra ultérieurement qu'il lui est préférable. Les considérations précédentes n'ont fait intervenir ni la puissance que l'on peut être appelé à demander à l'enroulement, ni les conditions de rappel de l'armature dans sa position médiane. La question se ramène uniquement à obtenir, en circuit ouvert, une tension maxima avec une inertie effective minima des pièces en mouvement.

Il convient que les reproducteurs magnétiques utilisent des aiguilles de dimensions voisines de celles déjà en usage; c'est-à-dire que la vis de serrage de ces aiguilles doit être distante de 1,5 cm environ, de la surface du disque. Cette vis de serrage est une source d'ennuis; elle ajoute en effet sa masse à celles qui sont déjà en mouvement, elle possède en outre une fréquence propre de vibration qui réagit sur le mouvement de l'armature en donnant lieu à un phénomène résonant et un phénomène anti-résonant. Si cette vis est très courte et très rigide, sa

Digitized by Google

fréquence naturelle peut être assez élevée pour n'apporter aucune perturbation sensible. Mais il reste encore à pouvoir lui donner une forme et un emplacement qui la rendent facilement accessible. Les systèmes basés sur le principe illustré (fig. 1) exigent des vis très courtes. Sur ceux du type 1 B, la vis est accessible, mais l'ensemble n'est plus suffisamment rigide; il donne lieu à des résonances de fréquences élevées absorbant complètement les fréquences musicales supérieures. Sur ceux du type 1 C, la vis est difficilement accessible du fait de la proximité de l'enroulement et des masses polaires. Après étude de cette question délicate, il apparut que les conditions les plus favorables seraient réalisées en situant la vis de serrage dans l'axe de rotation. Elle peut alors être aussi longue qu'il est nécessaire, sans donner lieu à aucun phénomène de résonance. Dans ces conditions, le système avec armature à pivot extrême présente des facilités de construction.

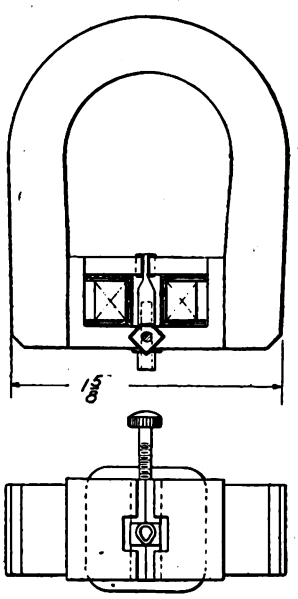


Fig. 5.
Pick-up phonographique commercial.

La figure 5 montre le schéma d'un reproducteur magnétique du type à armature à pivot extrême. Celle-ci possède une inertie propre réduite à l'extrême limite; associée à une section magnétique appropriée et à une amplitude de mouvement de son extrémité libre importante. Afin que son axe de rotation coïncide avec la vis de serrage et l'axe de pivotement pour toutes les fréquences, l'armature et l'aiguille sont prévues de telle façon que leurs centres de gravité se confondent approximativement avec celui du pivot.

Le pivotement est particulier. Pour que la rotation s'effectue à peu près dans l'axe de la vis de serrage d'aiguille, un palier à coussinets est utilisé. Mais, en acoustique, la distorsion n'est excitée que si toutes les frictions disparaissent.

Au lieu donc de faire porter l'arbre directement sur le coussinet, on a interposé entre les deux une fine pellicule de gomme qui permet une rotation réduite, dans chaque sens, sans aucune friction, avec seulement une légère perte d'énergie qui ressemble plutôt à une espèce d'amortissement visqueuse, désirable par certains points de vue. On peut objecter qu'un tel système pivotant permettrait un mouvement de translation aussi bien que de rotation.

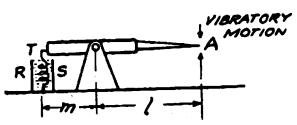


Fig. 6.
Représentation schématique de l'équipage mobile.

Mais, en premier lieu, les limites de compression d'une feuille de caoutchouc des dimensions utilisées sont très faibles. Le caoutchouc se cisaille, en effet, très facilement, ce qui permet d'ailleurs de lui demander le mouvement de rotation précédent. Il se prête également à la compression lorsqu'il peut s'étendre latéralement, mais il devient incompressible entre deux surfaces de dimensions relativement grandes par rapport à son épaisseur. En second lieu, une faible translation ne fournit aucun effort appréciable, elle provoque un simple déplacement très faible du centre de rotation sans amortissement sensible.

Mais, si le caoutchouc travaillant en coussinet assure une certaine réserve d'énergie dont l'importance varie avec la forme de l'axe et sa propre épaisseur, il est cependant insuffisant à maintenir l'armature dans sa position médiane sous les efforts d'un aimant d'une certaine importance. Il devient nécessaire de lui adjoindre une force élastique auxiliaire sous la forme de tampons, de caoutchouc également, qui agissent sur chacune des extrémités en queue de poisson de l'armature.

Ces tampons ne stabilisent pas seulement l'armature, mais aussi l'amortissent très efficacement.

Pour faire une analyse simplifiée des propriétés mécaniques d'un ensemble de ce genre, on traitera le cas d'une aiguille flexible et d'un fléau de pivotage rigide conjugués avec un ressort tendant à maintenir l'axe dans sa position normale; un dispositif amortisseur sera adjoint au ressort. Un tel système est représenté figure 6.

On suppose un certain mouvement appliqué à la pointe de l'aiguille A et l'on se propose de rechercher le déplacement résultant du point T de l'armature.

Soient :

l = Inertie de l'armature.
n = Rigidité de l'aiguille, c'est-à-dire la force nécessaire, appliquée en A, pour dévier l'aiguille d'une certaine quantité (dynes par centimètre).
l = Distance du pivot à la pointe de l'aiguille (centimètres).
m = Distance du pivot à l'extrémité T de l'armature.
S = Force du ressort en T (dynes par centimètre).
R = Coefficient de résistance en T (dynes par centimètre).
f = Fréquence du mouvement.
$\omega = 2\pi f$.
A = Amplitude du mouvement en A.
a = Elongation instantanée de la pointe de l'aiguille.
X = Amplitude du mouvement à l'extrémité T.
x = Elongation instantanée en T.
θ = Angle d'élongation de l'armature sur la position moyenne.

θ est toujours faible, en sorte que l'on peut écrire :

$$\frac{x}{m} = \operatorname{tg}\theta = \sin\theta = \theta.$$

Digitized by Google

P = Force maxima appliquée en A.
p = Force instantanée appliquée en A.
Le moment moteur est pl. Le moment résistant est :

$$m(\sin\theta) + m\left(Rm\frac{d\theta}{dt}\right).$$

Leur différence se retrouve dans l'accélération communiquée à l'amature :

$$I\frac{d^2\theta}{dt^2} = pl - sm^2\theta - Rm^2\frac{d\theta}{dt}. \qquad (1)$$

Le problème est plus simple en recherchant la force et le mouvement à appliquer en A pour reproduire en T un mouvement sinusoïdal donné.

Soit $$x = X\cos\omega t \qquad (2)$$

$$\theta = \frac{x}{m} = \frac{X}{m}\cos\omega t \qquad (3)$$

$$\frac{d\theta}{dt} = -\omega\frac{X}{m}\sin\omega t. \qquad (4)$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\omega^2\frac{X}{m}\cos\omega t. \qquad (5)$$

Substituons (3), (4) et (5) dans (1). Il vient :

$$-I\omega^2\frac{X}{m}\cos\omega t = pl - smX\cos\omega t + Rm\omega X\sin\omega t$$

$$pl = X\left[sm - I\frac{\omega^2}{m}\right]\cos\omega t - XRm\omega\sin\omega t \qquad (6)$$

$$p = \frac{X}{l}\left\{\left(sm - \frac{I\omega^2}{m}\right)\cos\omega t - Rm\sin\omega t\right\} \qquad (7)$$

L'élongation de la pointe de l'aiguille est égale à la somme de l'élongation de l'axe de l'armature prolongée et de sa propre flexion

$$a = l\theta + \frac{p}{n} \qquad (8)$$

ou, de (3) et (8)

$$a = \frac{X}{m}l\cos\omega t + \frac{p}{n} \qquad (9)$$

$$a = \frac{X}{m}l\cos\omega t + \frac{X}{ml}\left\{\left(sm - \frac{I\omega^2}{m^2}\right)\cos\omega t - Rm\omega\sin\omega t\right\}$$

$$a = X\left\{\left(\frac{l}{m} + \frac{sm}{nl} - \frac{I\omega^2}{nlm}\right)\cos\omega t - \frac{Rm\omega}{nl}\sin\omega t\right\}. \qquad (10)$$

Ou, en considérant les amplitudes seulement ;

$$\frac{A}{X} = \sqrt{\left(\frac{l}{m} + \frac{sm}{nl} - \frac{I\omega^2}{nlm}\right)^2 + \left(\frac{Rm\omega}{nl}\right)^2} \qquad (11)$$

$$\frac{X}{A} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{l}{m} + \frac{sm}{nl} - \frac{I\omega^2}{nlm}\right)^2 + \left(\frac{Rm\omega}{nl}\right)^2}}. \qquad (12)$$

L'équation (12) montre comment varie la fidélité de transmission du mouvement avec la fréquence. Pour une fidélité parfaite $\frac{X}{A}$ doit être constant et indépendant de ω. Ainsi qu'il a déjà été signalé précédemment cette condition sera réalisée si : 1° l'ensemble présente une structure rigide. 2° Si cette structure peut être assimilable à ce qui a été appelé un « ressort potentiométrique » par l'auteur.

Une structure rigide ne s'obtiendra qu'avec une aiguille à flexion nulle ($n = \infty$). Dans ce cas l'équation (12) devient :

$$\frac{X}{A} = \frac{1}{\left(\sqrt{\frac{l}{m}}\right)^2} = \frac{m}{l} \qquad (13)$$

et exprime que les mouvements aux extrémités A et T sont proportionnels aux bras de leviers.

Si l'énertie et l'amortissement sont nuls, le rapport $\frac{X}{A}$ devient constant :

$$\frac{X}{A} = \frac{1}{\frac{l}{m} + \frac{sm}{nl}}. \qquad (14)$$

Dans l'équation (12) nous remarquons que pour une certaine fréquence (ou ω) le terme : $\frac{l}{m} + \frac{s}{nl} - \frac{I\omega^2}{nlm}$ s'annule. Pour cette fréquence critique, le rapport $\frac{X}{A}$ passe par un maximum limité seulement par la valeur de l'amortissement. En égalant ce terme à zéro, l'équation (12) devient :

$$\frac{X}{A} = \frac{1}{\frac{Rm\omega}{nl}} = \frac{nl}{Rm\omega}. \qquad (15)$$

En général, sauf au voisinage de la fréquence de résonance l'amortissement joue un rôle négligeable. D'autre part, l'inertie devient un facteur de second ordre pour les fréquences très inférieures à celle de résonance; en sorte que, pour la plupart des fréquences basses, le rapport $\frac{X}{A}$ conserve à peu près la valeur constante fournie par l'équation (14). La construction d'un reproducteur sans distorsion est liée à la condition que sa fréquence de résonance propre soit très supérieure aux fréquences acoustiques les plus hautes. Il doit en outre comporter un certain amortissement pour que sa sensibilité à la fréquence de résonance ne soit pas excessive.

On doit retenir que celle-ci est déterminée par l'inertie de l'armature et les caractéristiques élastiques non seulement du ressort, mais aussi de l'aiguille même. La fréquence naturelle de l'armature avec l'aiguille libre n'influe pratiquement pas sur les qualités de fidélité de l'appareil. On peut considérer la résonance comme correspondant à la fréquence propre de l'armature, la pointe de l'aiguille étant maintenue fixe.

Pour cette fréquence particulière, les moindres mouvements de l'aiguille se transmettent très amplifiés à l'armature. Au-dessous de sa valeur, les oscillations redeviennent exclusivement forcées sous les saillies du disque, à la fois pour leur amplitude et leur fréquence.

La première précaution à prendre pour obtenir une fréquence de résonance élevée, est de réduire autant que possible l'inertie de l'armature. En outre, l'extrémité mobile de l'armature doit être assez éloignée de son centre de rotation pour prendre des oscillations d'amplitudes notables; du point de vue magnétique, l'arma

Digitized by Google

ture doit présenter une réluctance faible (section droite importante) et travailler loin de saturation.

Ces deux dernières conditions sont pratiquement remplies si la pièce possède une rigidité mécanique convenable, et est suffisamment longue pour recevoir un enroulement bien adapté. Des précautions spéciales doivent être prises pour réduire la masse de ces parties de l'armature qui subissent l'amplitude de mouvement maxima, la matière voisine de l'axe de rotation participant très peu au moment d'inertie du système.

La seconde précaution utile à l'élévation de la fréquence propre de résonance est de donner soit au ressort, soit à l'aiguille, soit encore aux deux, simultanément, une certaine rigidité mécanique.

L'équation (14) précédente, qui exprime la fidélité du système pour la plupart des fréquences de la gamme

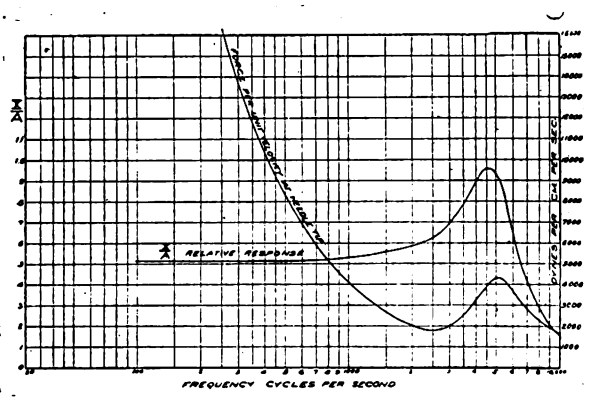


Fig. 7.

Caractéristiques calculées d'un reproducteur magnétique.

acoustique, montre que l'augmentation de la force S du ressort réduit la sensibilité, tandis que l'accroissement de la rigidité de l'aiguille relève la sensibilité dans de certaines limites. Il semble donc que l'on ait intérêt à choisir une aiguille aussi rigide que possible, tandis que le ressort ne devrait avoir que juste l'énergie nécessaire au rappel de l'armature dans sa position médiane. Mais, tant que le rapport $\frac{mS}{nl}$ reste petit comparé à $\frac{l}{m}$, l'influence des considérations précédentes sur la sensibilité est très réduite et, avec une aiguille « souple », la raison suivante milite en faveur d'un certain amortissement. L'aiguille constitue un ressort à grande résilience, tandis que le ressort S, réalisé sous la forme de tampons de caoutchouc, possède un amortissement élevé. En fait, l'amortissement R et la rigidité S marchent de pair. Pour la valeur de R et S déterminées, plus l'aiguille est rigide et plus la fidélité de résonance croît, ainsi qu'en témoigne l'équation (15). On fera donc travailler l'ensemble avec le plus grand rapport possible entre la rigidité du coussinet et celle de l'aiguille, sans pour cela perdre sensiblement sur la sensibilité.

La présence de l'aimant rend possible un certain amortissement sans rigidité excessive en S ; elle tend à écarter l'armature de sa position médiane, et réduit par conséquent dans une proportion considérable la rigidité résultante.

Les éléments d'un reproducteur magnétique réalisé ont présenté les caractéristiques suivantes :

Masse de l'armature avec aiguille Victor. .	1,9 gr.
Moment d'inertie de l'armature et de l'aiguille.	$1 = 0{,}28$ gr. cm².
Distance entre l'axe de rotation et l'extrémité de l'armature.	$m = 1{,}1$ cm.
Distance entre l'axe de rotation et la pointe d'aiguille	$l = 1{,}5$ cm.
Rigidité de la monture d'armature (supposée concentrée à l'extrémité)	$S = 70 \times 10^6$ dynes cm.
Rigidité sans aimant.	90×10^6 dynes cm.
Rigidité de l'aiguille.	$n = 86 \times 10^6$ dynes cm.
Facteur d'amortissement calculé par l'accroissement du mouvement à la résonance.	$R = 5720$ dynes cm : sec.

La figure 7 donne les caractéristiques du reproducteur, établies d'après les données ci-dessus. On notera que la force d'attraction appliquée à l'extrémité de l'aiguille passe par une valeur minima pour 2800 per : sec (fréquence naturelle de l'armature avec aiguille libre). L'amortissement nécessaire à l'étouffement de la résonance ne sert plus seulement, ici, à améliorer la fidélité, mais réduit en outre l'usure du disque.

Des relevés oscillographiques de fonctionnement s'effectuent en alimentant l'équipage mobile de l'oscillographe à travers un amplificateur thermoionique à résistances. La pellicule se déroule lentement et l'amplitude de la courbe enveloppe des oscillations obtenues, fournit une mesure de la tension appliquée à la grille de la première lampe par le reproducteur. On utilise, pour ces essais, un disque spécial à sillons tels que l'amplitude varie inversement à la fréquence.

Une prédominance des fréquences élevées donne lieu à un bruit parasite désagréable dit « bruit de surface ». La suppression de ces fréquences semble désirable ; elle entraîne évidemment une modification dans l'articulation de la parole, mais est plutôt agréable pour la musique. Elle s'effectue facilement en reliant, en série, un condensateur et une self-inductance, aux bornes de l'enroulement du reproducteur. Ce shunt est accordé sur la fréquence 4500 mais travaille déjà effectivement à partir de 3500 per : sec et au-dessus.

Toute l'analyse précédente est basée sur l'hypothèse que le système reste fixe par rapport à l'axe du sillon du disque. Cette condition n'est cependant pas nécessairement satisfaite. La rigidité à l'extrémité de l'aiguille ($[1/(l^2/m^2 S + 1/n)]$ est suffisante pour permettre à la masse totale de l'appareil de résonner pour des fréquences de l'ordre de 150 per : sec.

Une construction rigide, et notamment l'acceptation d'une certaine perte d'énergie dans le système pivotant, semble la meilleure solution pratique pour échapper aux résonances de basses fréquences ; des dispositifs bien réalisés permettent une fidélité de reproduction uniforme sur toute la gamme des fréquences comprises entre 100 et 4000 per : sec. J. M.

Digitized by Google

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 3 octobre 1927.

Pas de communication présentant un caractère électrique.

Séance du 10 octobre 1927.

Étude quantitative de la luminescence de la vapeur de mercure excitée par choc électronique, par M. Pierre Bricout.

J'ai été amené à déterminer, pour la radiation 2536 du mercure, la relation qui existe entre l'intensité du rayonnement émis et la vitesse des électrons excitateurs. Cette grandeur physique a été définie pour la première fois par Seeliger(1), sous le nom de fonction d'excitation.

Le principe de la mesure est le suivant :

Une enceinte métallique continuellement évacuée par une pompe à diffusion renferme de la vapeur de mercure à une température connue. Au sein de celle-ci un filament de carbone émet des électrons qui se dirigent vers une grille et une plaque planes toutes deux portées au même potentiel positif par rapport au filament. Les radiations excitées dans l'espace compris entre la grille et la plaque traversent une fenêtre de quartz mastiquée dans la paroi de l'enceinte et sont enregistrées photographiquement par un petit spectrographe de grande luminosité. Une série de clichés est prise sur la même plaque en maintenant constante l'intensité du courant électronique et en faisant varier graduellement la différence de potentiel accélératrice. En comparant par les procédés densitométriques habituels les noircissements obtenus à ceux produits par une source ultraviolette d'intensité connue, on peut déduire l'intensité du rayonnement de la vapeur correspondant à une vitesse donnée des électrons, c'est-à-dire (à un coefficient constant près) la fonction d'excitation.

Dans toutes les expériences, la source ultraviolette d'intensité constante était constituée par un arc à vapeur de mercure en quartz *fonctionnant sous tension et intensité constantes*. L'invariance de ces deux paramètres (obtenue en agissant sur le rhéostat de l'arc et sur le régime de ventilation) est, ainsi que l'ont montré Harrison et Forbes(2), une condition nécessaire de la constance du rayonnement.

L'effet perturbateur dû à la chute ohmique le long du filament est éliminé en employant pour le chauffage de celui-ci le courant intermittent d'un alternateur Villard(3). Un commutateur synchrone porte les électrodes à un potentiel négatif par rapport au filament et supprime ainsi toute décharge lorsque le courant de chauffage circule. La suppression de tout contact vibrant ou glissant permet d'éliminer les irrégularités de ceux-ci et d'obtenir une émission électronique bien constante.

J'ai tenu compte, par des corrections appropriées, des différentes causes d'erreur suivantes :

1° *Vitesse initiale des électrons.* — Lorsque le potentiel accélérateur ne dépasse pas quelques volts, le courant émis par le filament est limité par la charge spatiale à une valeur très inférieure à celle de l'émission thermionique et, seuls, les électrons les plus rapides peuvent franchir la zone de potentiel minimum située entre le filament et la grille. En appliquant entre cette électrode et la plaque un champ retardateur et en étudiant la variation du courant-plaque en fonction de ce paramètre, il est possible de déterminer la loi de répartition des vitesses initiales des électrons capables de pénétrer dans l'espace grille-plaque. Avec un filament de carbone de 2 cm de longueur et de 0,040 cm de diamètre chauffé à une température de l'ordre de 2100° K, et une grille plane en toile métallique située à égale distance (0,35 cm) du filament et de la plaque, la courbe figurant la proportion d'électrons possédant une énergie propre donnée (en volts) présente un fort maximum pour 1,10 volt et se confond pratiquement avec l'axe des abscisses pour les valeurs supérieures à 2,0 volt et inférieures à 0,5 volt. L'incertitude provenant de la non-homogénéité du faisceau électronique se trouve ainsi levée et une valeur exacte de la fonction d'excitation peut être obtenue par un calcul simple en partant de la valeur apparente.

2° *Effet de charge spatiale.* — Dans une Note précédente(4) j'ai calculé l'influence de la charge spatiale sur la valeur du potentiel à l'intérieur d'un faisceau d'électrons en mouvement. Les résultats obtenus ont permis de déterminer l'intensité du courant électronique au-dessous de laquelle l'effet perturbateur signalé devient inférieur à l'approximation des mesures (10^{-5} A : cm² si le potentiel doit être constant à 1 pour 100 près).

3° *Transparence de la fenêtre de quartz.* — Pendant le fonctionnement de l'appareil, la transparence de la fenêtre de quartz pour les rayons ultraviolets diminue lentement par suite du dépôt sur la face interne de celle-ci d'une très mince couche de carbone évaporé du filament et de microscopiques gouttelettes de mercure. L'importance de cet effet est mesuré périodiquement par la prise de clichés dans des conditions identiques d'excitation.

4° *Variation de densité de la vapeur.* — La température de la paroi la plus froide de l'enceinte est mesurée avec une précision de 1/10 de degré. On en déduit le nombre d'atomes de vapeur par centimètre cube et par suite la probabilité relative d'un impact entre électron et atome.

La méthode qui vient d'être sommairement décrite est applicable à toutes les radiations de longueur d'onde inférieure à 4000 Å, limite du fond continu produit par le filament. Elle est d'un emploi commode, les durées d'exposition étant de quelques minutes seulement : la précision obtenue est d'environ 5 pour 100.

Sur la théorie de l'excitation des nerfs et des muscles par des courants électriques de haute fréquence et de courte durée, par M. P. Lasareff.

La quantité du sel transporté par le courant électrique pendant le temps dt et accumulé sur la membrane semiperméable ($x = 0$), se trouvant dans le nerf ou le muscle entre des électrodes est égale à $pi\,dt$, p étant une constante et i l'intensité du courant à l'instant t. D'autre part, la quantité diffusée dans le même temps est donnée par $k\frac{\partial C}{\partial x}dt$ ($x = 0$), k étant le coefficient de diffusion et C la concentration du sel.

L'accroissement de concentration à la membrane est donc égale à

$$(1)\qquad \begin{cases} dC = pi\,dt - k\dfrac{\partial C}{\partial x}dt \\ (x = 0). \end{cases}$$

(1) *Ann. der Phys.*, 59, 1919, p. 615.
(2) *Journal of the Optical Society of America*, 10, 1925, p. 1.
(3) *Comptes rendus*, 145, 1907, p, 589.

(4) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1269.

Digitized by Google

Dans les parties de l'organe comprises entre les électrodes, l'équation de diffusion

$$(2) \qquad \frac{\partial C}{\partial t} = k \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$$

doit être satisfaite.

L'intégrale de l'équation (2) vérifiant la condition (1) nous donne la concentration du sel si, au point $x = 0$, $C = A$, A étant une constante, nous avons le seuil de l'excitation (1)

Si le temps d'action d'un courant constant est assez grand, ou si les variations d'un courant variable sont assez lentes, la diffusion enlève tout le sel déposé et l'on a dans ce cas $dC = 0$; par conséquent,

$$pi = k \frac{\partial C}{\partial x} \quad (x = 0) \quad \text{et} \quad \frac{\partial C}{\partial t} = k \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}.$$

Ce sont précisément les équations de M. Nernst, dont l'intégration nous permet de retrouver les lois célèbres de M. Nernst.

Si i, dans le cas du courant continu, est très grand, ou si le courant périodique a une période T très courte, le processus de diffusion n'a pas le temps d'agir et il est légitime de le négliger.

On a donc

$$(3) \qquad dC = pi\, dt \quad \text{ou} \quad \frac{dC}{dt} = pi \quad (x = 0).$$

Deux cas doivent être examinés :

$$i = a \cos 2\pi N t \text{ et } i = i_0 = \text{const.}$$

I. Si $i = a \cos 2\pi N t$, nous avons

$$\frac{dC}{dt} = pa \cos 2\pi N t \quad \text{et} \quad C = C_0 + \frac{p}{2\pi}\left(\frac{a}{N}\right) \sin 2\pi N t$$

Le maximum de C est égal à $C_1 = C_0 + \frac{p}{2\pi}\left(\frac{a}{N}\right)$.

Pour le seuil de l'excitation $C_1 = A$ et par conséquent

$$\frac{a}{N} = \frac{2\pi (A - C_0)}{p}.$$

Nous voyons donc que, si un courant produit l'excitation, il en est de même pour tous ceux satisfaisant à la relation $\frac{a}{N} = \text{const.}$

Des expériences récentes de mon collaborateur M. Rsjevkine avec N variant de 50 000 à 320 000 confirment cette loi.

II. Si $i = i_0$, nous avons

$$C = pi_0 t + C_0,$$

d'où, pour le seuil de l'excitation,

$$i_0 t = \frac{A - C_0}{p} = \text{const.};$$

$i_0 t$ doit donc rester constant.

Les expériences de M. Engelmann, dans un certain intervalle de t, confirment également cette loi (2).

(1) W. Nernst, *Pflüger's Archiv.*, 122, 1908, p. 275. — P. Lasareff, *Recherches sur la théorie ionique de l'excitation*, p. 35-40 et 70, Moscou, 1918 (en français).

(2) Voir Louis Lapicque, *L'excitabilité en fonction du temps*, p. 38, Paris, 1926.

REVUE DE LA PRESSE

MAGNÉTISME

Magnétisme et matières magnétiques. — En se basant sur les théories les plus modernes de la structure atomique, G. C. Marris donne dans le *World Power* un aperçu général des principaux phénomènes magnétiques et en particulier du mécanisme de l'aimantation du fer.

L'étude de la structure atomique de différents éléments chimiques permet de conclure que les propriétés paramagnétiques sont déterminées par le nombre et par la disposition des électrons dans l'atome.

On admet actuellement qu'il existe 6 groupes d'orbites suivant lesquelles les électrons peuvent graviter autour des noyaux positifs dans chaque atome. Les orbites de chaque groupe peuvent être circulaires ou elliptiques; ces dernières peuvent être plus ou moins allongées, mais tous les électrons du même groupe ont la même énergie cinétique qui est plus petite dans les groupes rapprochés du noyau et qui augmente au fur et à mesure que l'on passe aux groupes plus éloignés.

Tableau I.

GROUPE	K	L	M	N	O	P
Types des orbites.	1_1	$2_1\ 2_2$	$3_1\ 3_2\ 3_3$	$4_1\ 4_2\ 4_3\ 4_4$	$5_1\ 5_2\ 5_3$	$6_1\ 6_2\ 6_3$
Hydrogène. . . .	1	» »	» » »	» » » »	» » »	» » «
Argon.	2	4 4	4 4 »	» » » »	» » »	» » »
Chrome	2	4 4	4 4 4	2 » » »	» » »	» » »
Manganèse. . . .	2	4 4	4 4 5	2 » » »	» » »	» » »
Fer	2	4 4	6 6 2	2 » » »	» » »	» « »
Cobalt.	2	4 4	6 6 3	2 » » »	» » »	» » »
Nickel.	2	4 4	6 6 4	2 » » »	» » »	» » »
Cuivre.	2	4 4	6 6 6	1 » » »	» » »	» » »
Praséodymium. .	2	4 4	6 6 6	6 6 6 2	4 4 1	2 » »
Lutetium	2	4 4	6 6 6	8 8 8 8	4 4 1	2 » »

Dans le tableau I indiquant la constitution de plusieurs atomes, les 6 groupes indiqués par les lettres K, L, M, N, O, P sont constitués par plusieurs électrons ayant des orbites de différentes formes : celles qui sont désignées par 1_1, 2_2, 3_3 et 4_4 sont circulaires; les autres sont elliptiques.

On voit qu'en augmentant le nombre d'électrons d'un groupe à énergie inférieure, on arrive, pour ainsi dire, à le saturer, et qu'en ajoutant ensuite des nouveaux électrons, on complète le groupe suivant à énergie plus élevée. Mais dans certains éléments, les nouveaux électrons viennent s'ajouter à un groupe extérieur avant que le groupe intérieur précédent soit saturé.

En passant du manganèse au nickel, on constate que l'augmentation du nombre d'électrons se fait dans le groupe M qui ne devient saturé que dans le cuivre, tandis que le groupe N suivant contient déjà un certain nombre d'électrons. De même, dans les « terres rares, les éléments qui suivent le présodymium sont caractérisés par le groupe N incomplet, tandis que leurs groupes extérieurs P et O possèdent déjà un certain nombre invariable d'électrons.

Ce sont précisément les métaux à groupes incomplets qui présentent les phénomènes magnétiques, et plus particulièrement une susceptibilité magnétique nettement prononcée lorsque leurs atomes sont relativement libres (à l'état de solutions aqueuses des sels de ces métaux).

Les valeurs de la susceptibilité $(B-H)/4\pi$ par unité de masse sont indiquées dans la première colonne du tableau II.

Digitized by Google

Tableau II.

SUBSTANCES	SUSCEPTIBILITÉ par unité de masse.	MOMENT magnétique en magnétons de Weiss.
Ferromagnétiques :		
Fer solide aux faibles champs.	5 à 15	11
Fer solide à 1000 gauss environ.	0,2	—
Nickel solide	1 à 5	3
Paramagnétiques :		
Solution de sel de fer	100×10^{-6}	25 — 29
Palladium	$5,2 \times 10^{-6}$	9,7
Neodymium	56×10^{-6}	17
Didymium (solution paramagn.)	141×10^{-6}	52
Erbium (solution paramagn.). .	251×10^{-6}	47
Diamagnétiques :		
Bismuth.	$-1,25 \times 10^{-6}$	—
Argent.	$-0,2 \times 10^{-6}$	—
Cuivre.	-0.085×10^{-6}	—

On voit que les propriétés paramagnétiques de certains sels métalliques dissous sont supérieures aux propriétés paramagnétiques des sels du fer, ce qui semble indiquer la possibilité de trouver des matières magnétiques meilleures. Il est possible qu'un traitement thermique inconnu du didymium et de l'erbium rendra apparentes leurs qualités ferromagnétiques jusqu'ici non découvertes. Mais il s'agit malheureusement de métaux très rares.

Le phénomène de l'aimantation ferromagnétique n'a pas pu être suffisamment éclairci jusqu'ici. Les théories de Langevin et de Weiss mettent en lumière l'influence de la température en admettant que l'orientation des aimants élémentaires est contrariée par l'agitation thermique ; elles permettent ainsi d'expliquer le fait, établi par observation, que la susceptibilité est inversement proportionnelle à la température absolue, mais elles ne permettent pas de concevoir le mécanisme de l'aimantation, de l'hystérésis, etc.

En se basant sur une série d'observations, sur les lois de variation des propriétés magnétiques avec la température et sur son hypothèse du champ intra-moléculaire, M. Weiss a déterminé le moment magnétique d'un atome du fer (qui est égal à $1,8 \times 10^{-20}$) et ceux d'autres matières magnétiques. En comparant ces résultats, il a conclu que tous les moments magnétiques atomiques sont multiples d'une certaine unité désignée par lui par « magnéton ».

Les nombres de magnétons par atome sont indiqués dans la 2e colonne du tableau II pour les métaux solides et pour les solutions aqueuses de leurs sels. On voit que ces solutions présentent des nombres plus élevés de magnétons, ce qui peut être attibué à l'ionisation plus ou moins prononcée des atomes dans les matières dissoutes.

M. Bohr, en calculant le moment magnétique d'une orbite électronique, a obtenu une autre valeur pour l'unité élémentaire de ce moment, désignée par le magnéton de Bohr qui est 5 fois plus grand que celui de Weiss. Il a été démontré ensuite que l'addition d'un électron à un groupe incomplet d'orbites augmente le moment magnétique de l'atome précisément d'un magnéton de Bohr.

Après avoir décrit en quelques mots la théorie de Weiss sur le champ intrinsèque, M. Morris expose les vues modernes sur le mécanisme de l'aimantation d'une structure cristalline.

La spectroscopie des rayons X a permis de déterminer, avec beaucoup de certitude, la disposition des atomes dans un cristal de fer qui peut être désigné par structure du cube centré. Un tel réseau cristallin est constitué par des cubes dont chaque angle solide, ainsi que le centre, comprend un atome.

D'après les travaux les plus récents, on peut admettre que les orbites extérieures des atomes voisins constituent une liaison entre eux et s'opposent à leur orientation dans le champ magnétique. Les groupes intérieurs d'orbites n'étant pas saturés, ils possèdent un certain moment magnétique et peuvent s'orienter. La symétrie des groupes non saturés n'étant pas complète, il en résulte certains déplacements irréguliers des atomes qui se produisent pendant l'orientation, ainsi que les variations correspondantes des forces intra-atomiques qui constituent le champ intérieur. Ce champ n'est donc pas homogène en grandeur et en direction et sa répartition subit des variations, comme les distances entre les atomes.

Lorsque le champ extérieur, celui qui produit l'aimantation, augmente ou diminue, le regroupement des orbites électroniques ne se fait pas simultanément dans toutes les parties du cristal, et ceci peut expliquer le phénomène de l'hystérésis.

Les variations d'énergie dues uniquement aux changements de l'orientation des orbites ne sont pas suffisantes, quantitativement, pour cette exploration ; mais, en tenant compte des champs intérieurs d'intensité énorme dans lesquels s'effectuent l'orientation et le déplacement des atomes, on conçoit que les échanges d'énergie peuvent atteindre une ampleur suffisante.

Une telle image doit être complétée par les électrons qui se déplacent d'un atome à l'autre et par l'ionisation plus ou moins intense de différents atomes qui n'ont pas le même nombre d'électrons et par conséquent pas le même nombre de magnétons. On suppose par exemple qu'un atome de nickel sur cinq est à un magnéton et un autre à deux magnétons de Bohr. (Ceci correspond à 15 magnétons de Weiss pour 5 atomes ou à 3 par atome, comme indiqué dans le tableau II.)

L'étude par Mc Kennan (1) d'un alliage constitué par 80 pour 100 environ de nickel et par 20 pour 100 de fer, connu sous le nom de « permalloy », basée sur cette conception, cherche à expliquer les qualités remarquables de cet alliage. Il admet qu'en appliquant une traction mécanique à un métal, on réalise aussi l'orientation magnétique des atomes, mais qu'elle se fait simultanément dans les deux directions. Les forces agissent entre les atomes et constituant l'origine de l'hystéresis, étant de même nature que les forces mécaniques, leur importance et leur répartition doivent déterminer l'importance des pertes par l'hystéresis et par conséquent l'allure de la courbe d'aimantation.

Or, le permalloy n'a pas de magnétostriction, c'est-à-dire que ses dimensions ne varient pas lorsqu'il est aimanté, ou bien que ses atomes ne se déplacent pas. On admet donc que cet alliage, constitué par un atome de fer et par 4 atomes de nickel, est capable de subir une orientation simultanée de tous ces atomes, sans dissymétrie, sans variation importante des forces intra-atomiques et par conséquent presque sans hystérésis.

La deuxième partie de l'article de M. Morris contient de nombreuses indications sur les caractéristiques des matières ferromagnétiques, telles que les valeurs de B, de μ et des pertes pour différentes valeurs de H et pour les différentes fréquences.

A. Z.

TRACTION ÉLECTRIQUE

L'électrification des chemins de fer suédois. (*The Electrical Review*, 9 décembre 1927.) — Après avoir complètement électrifié les chemins de fer de Stokholm-Gothenburg et ceux de Rikograensbanan qui constituent la ligne électrique la plus septentrionale du monde entier, les chemins de fer d'Etat suédois envisagent d'appliquer le chauffage électrique à leurs wagons. L'Administration des transports vient d'an-

(1) Franklin, *Inst. Journ.*, 202, p. 757, 1926.

Digitized by Google

noncer que 1300 voitures de voyageurs sont dès maintenant équipées pour être chauffées sous courant alternatif à 1000 v.

Les résultats constatés prouvent l'économie et le rendement du procédé. De nouvelles locomotives sont en essai de fonctionnement pour le service intérieur de la gare centrale de Stockholm.

Ces machines s'alimentent sur accumulateurs; elles possèdent une puissance de 150 ch et ont donné, jusqu'alors, les résultats les plus satisfaisants. Des locomotives plus puissantes seront probablement commandées ultérieurement à la Compagnie Asea, qui compte parmi les entreprises électriques les plus importantes de Suède. Des camions automobiles d'une capacité de transport de 3,5 tonnes, mus par accumulateurs, ont fait leur apparition dans ce pays. J. M.

TÉLÉPHONIE

Téléphonie transatlantique. (*The Electrical Review*, 9 décembre 1927.) — La liaison téléphonique New-York-Stockholm a été inaugurée le 29 novembre dernier, et marque, espère-t-on, dans les pays intéressés, le début d'un service commercial régulier. Des liaisons analogues ont été établies avec Bruxelles et Anvers. Des essais avec Paris se seraient révélés difficiles, du fait de la défectuosité des lignes souterraines. J. M.

MESURES ÉLECTRIQUES

Ce que doit être une horloge parfaite. (*The Electrical Review*, 2 décembre 1927.) — Lord Kelvin affirmait, il y a plusieurs années, qu'il devrait être possible de réaliser une horloge de précision telle qu'on puisse déduire et mesurer le mouvement de la terre de ses indications.

Une horloge semblable demanderait à être parfaite; mais, étant donné que la perfection est quelque chose d'analogue à une série à nombre de termes illimités, il serait utopique de prétendre y atteindre. Il est cependant possible de s'en approcher en soignant la réalisation de quelques points particuliers.

L'horloge pendulaire parfaite (en admettant que le principe du pendule soit appliqué) devrait battre d'une façon absolument libre, sans effectuer aucun travail. Son élongation serait donc un arc de longueur constante, décrit dans le vide; l'impulsion d'ébranlement devrait être légère et appliquée au centre de l'arc, le pendule serait rigide, rectiligne, et sans poids d'aucune sorte. Il devrait osciller autour d'un point de fixation invariable, et ne subir aucune vibration.

Les constantes de gravitation ne devraient pas être affectées par le déplacement de masses quelconques dans son voisinage, et la température ambiante aurait à être maintenue constante.

Ces derniers points sont d'une importance particulière. C'est un fait que le retrait d'une tonne de charbon de la cave où elle avait été primitivement déposée, affecte sensiblement la marche d'une horloge sensible.

Pour permettre au pendule de transmettre ses impulsions au mécanisme d'enregistrement, on peut imaginer qu'il coupe un rayon lumineux ou calorifique à chaque oscillation; ce rayon agissant sur une cellule sensible ou un thermo-couple commanderait le mécanisme. Des cellules de ce genre sont aujourd'hui très au point et peuvent servir à cette application, sans la moindre difficulté.

L'interception du faisceau lumineux ou autre reste sans aucune influence sur l'oscillation en sorte que l'une des conditions essentielles est facilement résolue. Pour entretenir l'oscillation on peut admettre que le pendule porte en son centre une petite masse magnétique sur laquelle agit un solénoïde à chaque interruption du rayon. Ces impulsions demanderaient à être légères, et le solénoïde à ne conserver aucun magnétisme résiduel. L'horloge devrait être protégée du champ magnétique terrestre si on le reconnaissait nécessaire.

Les impulsions d'entretien pourraient être appliquées à chaque oscillation, ou périodiquement après un certain nombre d'entre elles. Si l'oscillation prenait une trop grande amplitude, la coupure d'un second faisceau lumineux pourrait commander un amortissement quelconque du circuit d'entretien. Il serait ainsi possible d'assurer une élongation à très peu près constante.

La masse magnétique placée dans l'arc du pendule aurait l'avantage d'empêcher dans une certaine mesure ses vibrations longitudinales possibles. A cet égard, les impulsions d'entretien sont souvent appliquées, dans les horloges électriques courantes, en dehors du centre de l'arc décrit; il en résulte, par le pendule, une tendance à vibrer très faible peut-être, mais néanmoins indésirable.

Il y aurait avantage à mettre ce pendule dans un local souterrain à l'abri des perturbations de toutes sortes.

Une horloge de ce type aiderait sans aucun doute aux recherches sur la rotation de notre globe et à la mesure des faibles variations du champ de gravitation, toutes questions qui sont loin d'être dénuées d'intérêts. J. M.

T. S F.

Sur une anomalie des détecteurs à contact. (*L'Onde électrique*, novembre 1927.) — Dans cette étude, aux conclusions pratiques importantes, puisqu'elles mettent en garde contre des anomalies possibles dans les résultats de mesures à fréquences élevées, le capitaine Coroszkowski rappelle que si le détecteur idéal doit conserver la proportionnalité entre la valeur du courant moyen détecté I_d, et la tension à l'entrée du détecteur, il n'en est pas toujours ainsi. On sait, en effet, que les détecteurs à contact, aussi bien que la lampe triode travaillant sur sa caractéristique de grille, introduisent, dans la détection, des termes prépondérants du second degré, notamment pour les réceptions faibles.

Il n'en résulterait qu'une gêne amoindrie si la relation $I_d : f(V)$ restait monotone. Mais, en général, une même valeur de I_d peut s'obtenir pour plusieurs valeurs différentes de V. En d'autres termes la fonction I_d peut s'annuler en dehors de son origine. Cette anomalie se présentera chaque fois qu'après une rotation de 180°, l'une des branches de la courbe caractéristique du détecteur vient à couper l'autre branche.

La prépondérance du courant redressé n'a plus alors lieu toujours pour le même sens de ce courant. Pour les faibles intensités, la prépondérance se présente dans un sens, puis elle change de signe lorsque l'intensité augmente, après que celle-ci s'est évidemment annulée.

Le détecteur à molybdène, à grande surface de contact, possède une telle caractéristique.

Utilisés pour la réception de radiotéléphonie, ces détecteurs introduisent des distorsions notables (harmonique double).

Utilisés pour les mesures à l'ondemètre, avec indicateur acoustique ou galvanométrique, ils font accuser à ceux-ci, parfois à proximité immédiate de la résonance, deux minima successifs, encadrés de trois maxima d'intensité.

Utilisé comme détecteur de courant alternatif avec galvanomètre par la méthode de compensation, le point d'équilibre de l'indicateur peut être faussé.

L'auteur termine en signalant l'application possible de ce phénomène à l'élimination des parasites. J. M.

Digitized by Google

DOCUMENTS OFFICIELS

CIRCULAIRE DU 30 AVRIL 1927

DÉTERMINANT

LES CONDITIONS TECHNIQUES

AUXQUELLES DOIVENT SATISFAIRE

LES DISTRIBUTIONS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

(*Journal Officiel du 23 Juillet 1927.*)

(*Suite et fin*[1].)

TITRE II

INSTALLATIONS DE TRACTION ÉLECTRIQUE

Les dispositions applicables aux installations de traction électrique ont été réunies dans le titre II, qui comporte les divisions suivantes :

Chapitre I. — Dispositions applicables à la fois à la traction par courant continu et par courant alternatif.

Chapitre II. — Dispositions spéciales à la traction par courant continu.

Chapitre III. — Dispositions spéciales à la traction par courant alternatif.

Il est à peine besoin de signaler que la stricte observation de ces prescriptions ne suffit pas à exonérer les entrepreneurs de leurs responsabilités vis-à-vis des tiers auxquels leurs installations viendraient à causer des dommages, soit par induction, soit par électrolyse, soit pour tout autre motif.

Ces prescriptions, en effet, dont le but est d'éviter, dans la plupart des cas, que l'entreprise de traction ne cause des dommages aux tiers, ne sauraient avoir pour résultat d'éviter ces dommages pour tous les cas. Dans les cas particuliers où de pareils dommages se produiraient, il y aura lieu, pour l'entreprise de traction, d'indemniser les tiers auxquels dommage aurait été causé.

CHAPITRE I

Traction par courants de toute espèce (continu et alternatif).

SECTION I.

Lignes de contact.

DIVISION I.

DISPOSITIONS COMMUNES.

Art 82. — En raison des conditions de leur installation et de leur exploitation, les ouvrages des entreprises de traction bénéficient des tolérances admises pour l'établissement des installations de première catégorie tant que la tension entre les conducteurs et la terre ne dépasse pas 1500 volts en cas de courant continu et 600 volts en cas de courant alternatif. L'établissement des ouvrages servant à la traction par l'électricité est ainsi facilité autant que le permet le souci de la sécurité.

L'entretien des ouvrages pour lesquels cette tolérance est admise devra être assuré avec un soin tout particulier.

Art. 83. — Il est bien entendu que chacun des isolateurs mis en série ou chacune des cloches doit remplir les conditions d'isolement requises pour la tension considérée.

(1) Voy. *L'Industrie électrique* du 25 août 1927, page 385, 10 septembre 1927, page 405, 25 septembre, page 429, 25 novembre, page 524 et 10 décembre 1927, page 549.

DIVISION II.

INSTALLATION DE TRACTION EMPRUNTANT LA VOIE PUBLIQUE.

Art. 85. — La prescription relative à la hauteur de 6 mètres est parfois difficile à respecter. Les passages inférieurs sous lesquels doit passer la ligne ont en effet fréquemment des hauteurs beaucoup moindres, de sorte que l'appareil de prise de courant doit fonctionner convenablement à des hauteurs très différentes; l'écart devient si grand entre les positions extrêmes qu'il amène parfois à des constructions presque irréalisables. Il n'a pas semblé, toutefois, qu'il y eût lieu de prévoir la réduction de la hauteur de 6 mètres par une disposition générale, mais des dérogations pourront être demandées chaque fois que la hauteur habituelle de chargement des véhicules permettra d'envisager un abaissement de la hauteur réglementaire, et il est bien entendu que la demande de dérogation pourra s'appliquer à l'ensemble d'un réseau.

Le paragraphe 1er autorise les traversées des voies publiques par des fils de contact de deuxième catégorie à une hauteur comprise entre 6 et 8 mètres pourvu que la traversée comporte, dans ce cas, un dispositif apparent d'avertissement.

Il n'a pas paru nécessaire, ni avantageux pour l'industrie, de préciser dès à présent quelles formes pourra revêtir ce dispositif d'avertissement, qui ne sera pas, à proprement parler, un dispositif de protection, mais devra signaler clairement la traversée afin qu'elle ne soit pas aperçue trop tardivement par les usagers de la voie publique. Il appartiendra au service du contrôle de concilier, dans l'examen des propositions qui seront présentées, la nécessité d'avertissement ainsi reconnue avec le devoir de ne pas imposer à l'entreprise des obligations qui ne soient pas pleinement justifiées.

Il est signalé à propos du paragraphe 2 qu'il est inutile d'exiger le remplacement des fils de contact de section inférieure à 50 millimètres carrés qui pourraient exceptionnellement être en service dans les installations existantes, si le faible diamètre de ces fils n'entraîne pas d'accidents dans ces installations.

Art. 86. — L'article 86 admet une réduction des coefficients de sécurité des lignes de contact de deuxième catégorie. Le coefficient 3 prévu pour les lignes d'alimentation entraîne, en effet, des flèches incompatibles avec le bon fonctionnement de l'appareil de prise de courant. Il va sans dire que l'entretien des lignes qui jouiront de cette dérogation devra être assuré avec un soin particulier.

DIVISION III.

VOIES ÉTABLIES SUR PLATE-FORME INDÉPENDANTE.

En principe, les installations auxquelles s'applique le texte sont supposées établies sur traverses en bois et ballast, en admettant, bien qu'il ait paru inutile de maintenir cette prescription dans le corps même de l'arrêté, que le ballast est, autant que possible, disposé de manière à ne pas toucher les rails et à ne pas recouvrir les traverses en bois.

Ce cas comprend la presque totalité des voies ferrées d'intérêt général, les lignes de chemins de fer métropolitains, tels que le chemin de fer metropolitain et le chemin de fer souterrain Nord-Sud de Paris, la plupart des voies ferrées d'intérêt local, et peut s'appliquer également, mais à titre exceptionnel, à certains tramways suburbains ou interurbains.

Les principales différences avec les entreprises empruntant la voie publique résultent, d'une part de ce que les rails de roulement peuvent être beaucoup mieux isolés de la terre, d'autre part, de ce que ces rails sont en général beaucoup plus éloignés des conduites métalliques susceptibles de souffrir de phénomènes électrolytiques et, enfin, de ce que les courants employés sont, dans la plupart des cas, beaucoup plus intenses.

Les deux premières conditions permettent d'admettre des

Digitized by Google

chutes de tension dans les rails beaucoup plus élevées que dans les installations empruntant la voie publique, ce que rend d'ailleurs indispensable la troisième condition. Il n'a même pas paru possible de limiter ici ces chutes de tension par des nombres précis, mais seulement par la condition qu'il n'en résulte aucun inconvénient.

Dans les installations empruntant les voies publiques, et sous réserve des cas très exceptionnels où la prise de courant se fait en caniveau souterrain, les lignes de contact sont forcément aériennes.

Dans les cas d'emploi d'une plate-forme indépendante, la ligne de contact peut être soit aérienne, soit à fleur du sol ; on a, dans ce dernier cas, donné au conducteur de contact la dénomination spéciale du « rail de contact » (art. 97) en réservant le nom de « fil de contact » (art. 87) au cas de la ligne aérienne.

Il est bien entendu que, pour les installations de voies ferrées établies sur presque toute leur longueur sur plate-forme indépendante et empruntant ou ne croisant la voie publique qu'en certains points relativement distants, comme c'est le cas, par exemple, des passages à niveau sur les voies ferrées d'intérêt général, les prescriptions édictées par le chapitre 1er du titre II concernant les installations de traction sur voie publique ne seront applicables qu'aux points d'emprunt ou de croisement.

Art. 87. — Les hauteurs minima de 5 m. 50 et de 6 mètres ont été maintenues. Toutefois dans les départements où ces hauteurs pourraient être réduites sans inconvénient, il y aura lieu d'établir des demandes de dérogation dans les conditions qui viennent d'être indiquées à propos de l'article 85.

Section II.

Utilisation des rails de roulement comme conducteurs de courant.

Art. 89. — Il importe que le service du contrôle assure strictement l'exécution de toutes les mesures jugées nécessaires dans chaque cas pour protéger contre l'action nuisible des courants dérivés les masses métalliques voisines de la ligne de traction et notamment des lignes de télécommunication ainsi que les autres lignes électriques.

Les lignes de télécommunication peuvent être unifilaires ; les dispositions de l'article 89 s'appliquent en principe à ces lignes. Il peut cependant arriver qu'il y ait de réelles difficultés à protéger ces lignes unifilaires, alors que la protection de circuits bifilaires n'empruntant ni le sol ni les voies serait aisée et que l'établissement de pareils circuits bifilaires ne présente aucune difficulté sérieuse. En pareil cas, c'est à l'auteur des troubles produits dans ces circuits à les faire disparaître, mais s'il est reconnu que le procédé efficace le plus économique soit d'adopter un double fil, le possesseur des circuits unifilaires ne pourra pas s'opposer à l'application de ce procédé.

Art. 92 et 93. — Les articles 92 et 93 précisent certaines dispositions nécessaires à la surveillance des réseaux. Dans le cas où les joints des rails de roulement sont soudés, la vérification de la conductance des joints pourra être remplacée par la mesure de la conductance de longueurs de voies comprenant chacune au moins un joint.

Art. 93. — L'article 93 divise les réseaux en une zone urbaine et une zone suburbaine. Cette division, qui répond à a réalité dans la plupart des entreprises de traction se justifie aisément par la double considération que les prescriptions imposées dans la zone urbaine deviennent facilement prohibitives si on les applique à de longues prolongations suburbaines, alors qu'elles se justifient moins parce que les dangers d'électrolyse, notamment, deviennent moindres, dans la plupart des cas, pour ces lignes suburbaines.

La répartition des lignes entre la zone urbaine et la zone suburbaine devra donc être faite avec le plus grand soin, lors de l'instruction des projets. Cette répartition sera toujours revisable d'un commun accord entre le concessionnaire et le service du contrôle ; en cas de désaccord, le dossier me sera renvoyé et je statuerai, après avis du comité d'électricité. Je signale à ce sujet qu'en vue d'avantager les lignes suburbaines, pour lesquelles les dangers d'électrolyse sont notablement diminués, les chutes moyennes de tension seront déterminées, non plus pendant la durée effective de la marche normale des voitures, mais sur une période de vingt-quatre heures consécutives. Cette manière de procéder supprimera, en outre, les contestations qui s'élevaient très souvent à propos de l'exploitation des lignes suburbaines, dont le trafic est généralement peu important. Pour les lignes urbaines, les chutes moyennes de tension continueront à être calculées sur la durée effective du service.

CHAPITRE II.

Dispositions spéciales à la traction par courant continu.

Section II.

Utilisation des rails de roulement comme conducteurs de courant.

Division I

Installations de traction empruntant la voie publique.

Art. 98. — Je signalerai tout d'abord, en attirant l'attention sur les indications du paragraphe 1er, la nécessité, pour le service du contrôle, d'exiger de la part des entreprises qui utilisent les rails comme conducteurs de courant, la vérification périodique de la conductance de la voie, qui peut être faite tout d'abord par grandes longueurs, puis par sections plus petites, si le résultat n'est pas satisfaisant, jusqu'à ce que l'on ait trouvé les points où l'éclissage électrique est défectueux.

Art. 102. — Le paragraphe 2 précise la question des connexions transversales. Il est bien entendu que des voies placées sur accotement de part et d'autre d'une voie publique ne seront pas considérées comme juxtaposées.

Art. 104. — L'article 104 indique les chutes de tension moyennes par kilomètre et précise, en même temps, que cette perte de charge doit être effectivement mesurée sur un kilomètre de voie et non pas sur une longueur arbitraire dont la chute de tension serait ensuite ramenée à la perte de charge kilométrique par une règle de trois. Ces mesures donnent, sur des longueurs quelconques, des résultats qui peuvent être très différents de la perte de charge sur un kilomètre et même très différents les uns des autres selon la longueur de voie adoptée pour l'essai sur un même kilomètre.

Le paragraphe 2 de l'article 104 permet des dérogations lorsque les conduites métalliques s'éloignent des rails, sous réserve qu'il n'en résulte aucun inconvénient. Ces dispositions découlent naturellement du fait que la densité du courant de retour dans le sol décroît rapidement à mesure que l'on s'écarte du rail ; elles résultent d'essais expérimentaux et ne paraissent pas devoir présenter d'inconvénients si les réserves formulées sont observées exactement.

Art. 105. — L'article 105 précise le degré d'équipotentialité qu'il y a lieu d'exiger entre les points de connexion des artères de retour avec les rails. Il ne paraît, en effet, ni nécessaire, ni même toujours avantageux, de réaliser une équipotentialité parfaite de ces points de connexion et il est préférable de fixer une limite à leur différence de potentiel moyenne.

Division II.

Voies établies sur plate-forme indépendante.

Lorsque des installations de traction établies normalement sur plate-forme indépendante emprunteront exceptionnellement la voie publique soit sur des longueurs relativement fai-

Digitized by Google

bles, soit en des points distants les uns des autres, comme c'est le cas des passages à niveau, les prescriptions de la division II pourront, en principe, rester applicables aux installations faites sur la voie publique; mais dans les cas où ces emprunts présenteraient une importance particulière soit par suite de leur longueur, soit par suite de la présence de canalisations ou masses métalliques souterraines, il appartiendrait au service du contrôle d'examiner dans chaque cas d'espèce, avec les autres services intéressés et avec le concessionnaire, les dispositions que la sécurité pourrait exiger.

Art. 106. — Du texte de cet article il résulte que les dispositions du paragraphe 2 de l'article 98 et de l'article 94 ne sont pas applicables aux voies établies sur plate-forme indépendante. Il est nécessaire, en effet, de laisser subsister, en ce qui concerne ces voies, une souplesse suffisante dans les prescriptions relatives aux connexions transversales, en raison de l'emploi possible des rails de roulement pour la signalisation, et dans les prescriptions relatives à l'isolement par rapport aux ouvrages métalliques, en raison des cas très variés qui peuvent se présenter.

CHAPITRE III.
Dispositions spéciales à la traction par courant alternatif.

Le chapitre III précise les prescriptions applicables aux installations de traction électrique par courant alternatif, qu'elles soient établies sur voie publique ou sur plates-formes indépendantes.

Les installations de traction électrique par courant alternatif établies sur voies publiques ou sur plate-forme indépendante ne présentent pas de différences importantes; les prescriptions qui les concernent ont été réunies en un seul chapitre.

Les dispositions relatives aux lignes aériennes de contact (section I) restent à peu près les mêmes que celles se rapportant aux autres systèmes de traction.

L'article 5 prévoit des mesures spéciales pour supprimer le courant sur certaines sections de voie non parcourues de façon permanente par les trains, lorsque les manœuvres n'y sont pas nécessaires.

Les prescriptions de la section II sont sensiblement différentes de celles prévues pour l'utilisation des rails de roulement comme conducteurs de courant dans le cas des installations à courant continu.

Un certain nombre de mesures a été préconisé pour maintenir la conductance des rails (112 et 113).

Des dispositions spéciales devront, en cas de besoin, être réalisées pour éviter les perturbations nuisibles au bon fonctionnement des lignes de télécommunication situées au voisinage de la voie.

Il est, en effet, incontesté que, d'après la législation existante, les circuits électriques de traction ne doivent pas créer de perturbation nuisible sur ces lignes; en particulier, l'article 17 de la loi du 15 juin 1906 donne à l'administration des postes et des télégraphes, dans son premier alinéa, et aux fonctionnaires chargés de la surveillance de tout service public, dans son deuxième alinéa, le droit de réquisition à l'effet de prendre toutes mesures nécessaires pour prévenir ou faire cesser de pareilles perturbations.

Il est donc de l'intérêt commun du concessionnaire et des services publics intéressés que l'étude des perturbations possibles soit faite avant la mise en exploitation des installations et que les mesures nécessaires aient été prises pour éviter, dans la mesure où les prévisions sont possibles, toute perturbation nuisible sur les lignes voisines.

Divers procédés ont été préconisés dans ce but, mais leur efficacité n'a pas été assez nettement établie à ce jour pour qu'ils puissent faire l'objet de dispositions réglementaires. Il y aura lieu, en conséquence, de faire l'étude de chaque installation de ce genre à titre de cas d'espèce.

Art. 114. — L'obligation d'installer des plaques de terre sur les rails a été supprimée, les rails se trouvant suffisamment reliés au sol par construction.

La section III précise quelques prescriptions de sécurité applicables au matériel roulant.

TITRE III
DISPOSITIONS DIVERSES

Le titre III contient diverses dispositions nécessaires pour l'application de l'arrêté. Les dispositions de l'arrêté ne sont pas limitatives. Lorsque les circonstances locales l'exigent, le service du contrôle peut imposer pour l'établissement des installations toutes les mesures nécessaires pour assurer la sécurité.

Dans cet ordre d'idées, je citerai, par exemple, les conditions d'implantation et d'établissement des lignes, notamment en pays de montagne, au point de vue des mesures à prendre contre les dangers que peuvent présenter éventuellement les éboulements, les torrents, les avalanches, etc.

J'indiquerai également le voisinage de certains établissements dangereux, tels que les fabriques ou dépôts d'essence, benzine, éther, acétylène, amorces fulminantes, etc., dont la proximité peut exiger des précautions spéciales. Il n'a pas paru possible, à cause de leur diversité et des différences qu'ils comportent, d'assimiler ces établissements aux poudreries et magasins à poudre visés à l'article 121, mais il doit être bien entendu que l'on s'efforcera d'en éloigner toute cause de danger et que chaque cas fera l'objet d'une étude particulièrement attentive.

On remarquera, d'autre part, que l'article 121 ne vise pas non plus les chambres ou dispositifs de mine établis dans certains ouvrages d'art, mais qui ne sont pas chargés en temps de paix. Tant qu'elles demeurent vides en effet ces chambres ne constituent pas des magasins à poudre proprement dits et ne doivent donner lieu à aucune mesure spéciale quant au voisinage des lignes d'énergie. Toutefois, on devra signaler aux services compétents l'établissement de ces dernières, lorsqu'elles s'en approcheront plus près qu'il est indiqué dans ledit article.

Art. 122. — J'attire enfin votre attention sur les conditions d'application fixées par cet article.

Comme il peut y avoir avantage, en certains cas, à équiper tout ou partie d'une installation relevant d'une catégorie suivant les règles correspondant à une catégorie supérieure (par exemple pour bénéficier du deuxième alinéa du paragraphe 1° de l'article 74, relatif à la traversée des chemins de fer), l'entrepreneur de l'installation pourra le faire, mais à la condition d'observer pour les parties ainsi traitées toutes les règles applicables à cette catégorie supérieure.

Le paragraphe 2 du même article 122 maintient la possibilité de dérogations accordées par le ministre dans certains cas motivés, après avis du comité d'électricité. Mais, comme ces dérogations peuvent soulever des objections de la part de divers services intéressés, il a paru nécessaire, pour le cas où ceux-ci n'auraient pas donné leur adhésion, de prévoir qu'avant de statuer le ministre pourra s'éclairer des autres avis qu'il jugerait utiles.

Le paragraphe 5 n'a pas été modifié; il permet aux services de contrôle d'imposer, lorsque la sécurité l'exige, des conditions spéciales justifiées par les circonstances. Mais cette faculté demeure exceptionnelle, elle ne doit pas être considérée comme ayant pour but de permettre l'addition au texte du présent arrêté de prescriptions supplémentaires d'ordre général, dont l'adoption ne saurait intervenir qu'après avis du comité d'électricité. *Le ministre des travaux publics,*

ANDRÉ TARDIEU.

L'Éditeur-Gérant : A. LAHURE.

95 268. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris. — 1927

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES

DU

TOME TRENTE-SIXIÈME

1927

Accumulateurs.

Les accumulateurs de traction. Remarques générales sur les accumulateurs de traction, par L. Jumau. 55.
Essais des agents chimiques recommandés pour activer la charge des batteries. 76.
La surcharge et la détérioration des batteries de voitures automobiles. 585.
La détermination des batteries d'accumulateurs de traction automobile. 456.
Un accumulateur merveilleux (d'Almeida). 529.

Alternateurs.

Puissants turbo-générateurs à 3000 t : min. 27.
L'essai dynamique des rotors d'alternateurs et de turbines hydrauliques. 50.
Générateurs électriques à refroidissement par hydrogène. 96.
La sécurité de fonctionnement des groupes générateurs. 97.
La protection contre l'incendie des générateurs mus par turbines hydrauliques. 115.
Turbo-générateurs et réfrigérants modernes, par Ch. Foucault. 122, 170.
La construction de turbos-générateurs en Russie. 219.
Les progrès de la construction des machines électriques pendant l'année 1925. 361.
Le réglage de la tension d'alternateurs fonctionnant en parallèle. 549.

Appareillage.

Télérupteur pour réseaux à 380 v. 57.
Étude sur les interrupteurs dans le vide. 53.
Essais de petits disjoncteurs. *Suppl.* 21.
De l'utilisation des contacteurs dans l'industrie, par G. Poux. 415.
Interrupteur à mercure à l'acide carbonique. 506.
Un relais limiteur de charge d'accumulateurs. 506.
Considérations sur les fusibles. 548.

Appareils de mesure.

Nouveau microphotomètre enregistreur à cellule photoélectrique. 141.
La technique moderne des appareils de mesure pour courants alternatifs. 365, 459.

Appareils divers.

Un détonateur électrique. 27.
Les régulateurs à ressorts, par L. Barbillon. 125.
L'utilisation de l'oscillographe Dufour pour l'étude des caractéristiques des parafoudres. 172.
Le Fotofil. *Suppl.* 33.
Indicateurs de défauts pour canalisations électriques. *Suppl.* 33.
Manomètre thermoélectrique pour faibles pressions. 195.
Régulateurs accélérométriques et Tachy-accélérométriques, par L. Barbillon. 221.
Le klydonographe et son application à l'étude des surtensions dues aux manœuvres d'interrupteurs. *Suppl.* 41.
Une machine à écrire électrique moderne. *Suppl.* 67.
Un nouveau relai électronique ultra-sensible. 412.
L'oscilloscope ou oscillographe cathodique stabilisé à axe des temps linéaires. 497, 556.
Le « Pick-up » enregistreur phonographique. 563.

Applications mécaniques de l'énergie électrique.

Les machines d'extraction à commande électrique, par P. Fournier. 7, 29, 79.
La cloche horaire électrique de la Tour-Saint-Stéphane à Vienne, 22.
Un treuil de grande puissance pour cages de mines. 26.
Le labourage électrique. 121.
Sonnerie électrique des cloches en volée, par Léopold Reverchon. 466.
Les ascenseurs à transformateur de fréquence de l'immeuble du Globe à Paris. 509.
Emploi de l'électricité dans l'agriculture. 560.
Utilisation de l'électricité dans les mines. 586.

Bibliographie.

(*Voir pages du Supplément*).

Les machines asynchrones à champs tournants, à bagues et à collecteurs, par Richard Langlois. 4.
Manuel de l'ingénieur-électricien, par Rziha et Seidner. 8.
Aide-mémoire du Radio-club de France, par A. Givelet. 8.
Manuel de la classification décimale à l'usage des ingénieurs électriciens, par E. Beinet. 16.
La chaleur et le froid, par A. Boutaric. 24.
Paratonnerres, par Edwin W. Liggingston. 28.
Cours de physique, par J. Lemoine et Guyot. 28.
Tables et Recettes du mécanicien et de l'électricien, par René Champly. 32.
Mouvements perpétuels, par J. Michel. 32.
Comment on devient électricien-mécanicien. 52.
Les alternateurs industriels, par L. Barbillon et P. Bergeon. 56.
Transformateurs de puissance, par Marcel Mathieu. 56.
Mesures électriques, par Jean Granier 56.
La physique moderne de l'électron. (Les sources de l'électron), par M. A. Boutaric. 40.
The Essentials of Transformer Practice, par Emerson Reed. 44.
Aide-mémoire Formulaire de la T.S.F., par E. Pacoret. 44.
Aide-mémoire Formulaire de l'électro-mécanique, par E. Pacoret. 44.
Traitement thermique de l'acier et ses essais, par G. Franche. 48.
Marcellin Berthelot (1827-1907), par A. Boutaric. 48.
Radiotechnique générale, par C. Gutton. 52.
Les aimants, leur calcul et la technique de leurs applications, par R. V. Picou. 52.
L'électricité, par Lucien Poincaré. 52.
La transformation des courants électriques, par F. Collin. 56.
Spurenlkunde der Elektrizität Electrophysiographie, par le Dr Stéphan Jellineck. 56.
Pour éviter l'électrocution, par Maurice Roussel. 60.
Le roulement français. 60.
Législation des distributions d'énergie électrique, par J. L'Huillier. 64.
Schémas et règles pratiques de bobinage des machines électriques, par F. Torices et Adr. Curchod. 64.
Le problème financier et la faillite de la concentration industrielle, par M. Marcel de Coninck. 74.
Annuaire-guide de poche de la métallurgie, par J. Merchiers. 74.
Idées américaines comme sources de richesses, par Eugène Wéra. 74.
Modes spéciaux de traction électrique à courant continu, par L. Barbillion. 84.
La mesure des débits et l'aménagement des usines hydrauliques, par G. Montagné. 84.
Introduction à l'étude de la Physique théorique, par René Fortrat. 84.
Machinisme et Automatisme, par P. Maurer. 88.
Les accumulateurs électriques, par M. A. Castex. 88.
La perspective rapide dans le dessin industriel, par L. Ladolette. 88.
Traité pratique sur la construction du moteur à explosion, par Bardin. 92.
La science à la maison, par de Graffigny. 92.
Interrupteurs et disjoncteurs dans l'huile, par P. Pagnon et Barbillion. 96.
Agendas Dunod. 96.
Annuaire de l'Union des Syndicats de l'Électricité. 96.

Digitized by Google

Brevets d'invention.

Un brevet américain original. *Suppl.* 61.
La nouvelle législation des brevets d'invention devant le Parlement. 251. 250.

Chauffage électrique.

Voyez *Électrothermie.*

Le chauffage électrique des voitures de tramways de Berlin. 508.
Le chauffage électrique et les nouveaux tarifs, par A. Soulier. 535.

Chemins de fer électriques.

Voy. *Locomotion.*

Chronique de l'électricité.

(*Voir pages du Supplément.*)

Ligne de transmission d'énergie électrique entre le Poët et Saint-Auban. 1.
Société de transport d'énergie électrique de l'Est. 2.
Décret déclarant d'utilité publique et concédant les travaux d'aménagement d'usine hydroélectrique à Halson-sur-la-Nive. 6.
Lignes de distribution publique d'énergie électrique. 7.
Concours pour l'installation de l'éclairage électrique pour les services publics de Saint-Étienne. 10.
Distribution d'énergie électrique aux services publics dans les départements de la Manche et d'Ille-et-Vilaine. 10.
Les nouvelles usines hydroélectriques de l'Isle-Jourdain et de Chardes sur la Vienne. 26.
Utilisation de la chute de Saint-Herbot-sur-l'Ellez. 26.
Établissement de réseaux ruraux. 26, 61. 81. 85. 90.
Substitution du concessionnaire de l'usine hydroélectrique de Baigts, sur le Gave de Pau. 27.
Usine hydroélectrique de la Virolle, sur la Corrèze. 50. 81.
Lignes électriques nouvelles. 50.
Utilisation des chutes du Lignon. 58.
Installations en projet. 61.
Déclaration d'utilité publique d'une distribution d'énergie électrique dans le département du Cher. 62.
Utilisation des chutes du Bancairon, de la Courbaisse et de Saint-Étienne-Lacs sur la Tinée (Alpes-Maritimes). 71.
Nouvelles lignes électriques. 74.
Transformations des tramways urbains et des tramways suburbains de Mulhouse. 74.
Réseaux ruraux. 78.
Utilisation de la chute de Mousquière-sur-l'Oue (Haute-Garonne). 78.
Chute de Kembs sur le Rhin. 81.
Installations d'usines. 81.
Usine de Lescure sur le Jaoul (Aveyron). 82.
Usine hydroélectrique de Saint-Claude. *Suppl.* 90.

Chronique industrielle et financière.

(*Voir pages du Supplément.*)

Établissements Paz et Silva. 2.
Les Exploitations électriques. 2.
Société Arlésienne de Force et Lumière. 2.
Compagnie du gaz et d'électricité de Deville. 2.
Compagnie d'électricité de Béziers. 2.
Société électrochimique de Mercus. 3.
Société d'applications industrielles. 3.
Compagnie des forges et aciéries de la Marine et d'Homécourt. 3.
Société électrique des anciens moulins de Gray. 5.
Compagnie de distribution d'énergie électrique des Moulineaux. 3.
Compagnie lyonnaise d'électricité. 5.
Compagnie de Fives-Lille. 5.
Compagnie générale industrielle. 5.
Sud-Lumière. 5.
Société anonyme pour l'équipement électrique des véhicules. 7.
Compagnie d'électricité de l'Ouest-Parisien (Ouest-Lumière). 7.
Tréfileries et Laminoirs du Havre. 7.
Société d'énergie électrique de l'Auxois. 7.
Compagnie de distribution d'énergie électrique des Moulineaux. 7.
Compagnie d'électricité de la Côte-d'Or. 7.
Société des forces motrices de la vallée d'Aspe. 7.
Forces motrices de l'Ariège. 7.
Société de distribution rurale d'énergie électrique. 7.
Société Novi. 8.
Société auxiliaire d'entreprises électriques et de travaux publics. 8.
Sud-Électrique. 8.
l'Union Électrique. 11.
Électricité de Lille et de sa banlieue. 11.
Compagnie générale d'entreprises électriques. 11.
Société d'applications industrielles. 11.
Société électro-gaz. 11.
Société de construction et d'appareillage électrique. 11.
Compagnie générale française et continentale d'éclairage. 11.
Compagnie générale d'entreprises électriques. 12.
Société anonyme électrique de Voyenne. 12.
Compagnie générale d'électricité. 12.
Établissements Gaiffe-Gallot et Pilon, 12.
Énergie électrique Alpine. 12.
Éclairage électrique de Cannes. 12.
L'Énergie industrielle. 12.
Compagnie hydroélectrique d'Auvergne. 14.
Entreprises électriques du Centre. 14.
Compagnie d'électricité de la Côte-d'Or. 14.
Compagnie de distribution d'énergie électrique des Moulineaux. 14.
Société d'électricité pour la lumière et la force. 14.
Société industrielle. Réunion des sociétés. Instruments de précision et dynamo. Phare Eyquem. 16.
Société auxiliaire d'entreprises électriques et de travaux publics. 14.
Société d'équipement des voies ferrées et des grands réseaux électriques. 14.
Société d'intérêt collectif agricole pour l'électrification de la région du Valois. 15.
Société des forces motrices de la vallée d'Aspe. 15.
Forces et lumière électriques de l'Est. 15.
Les réparations électriques du Poitou. 15.
Compagnie Parisienne de distribution d'électricité. 15.
Société Alsacienne et Lorraine d'électricité 15.
Société lyonnaise d'équipements électriques. 15.
Union hydroélectrique armoricaine. 15.
Énergie électrique de l'ouest de la France. 15.
Société d'éclairage et d'applications électriques. 15.
Les exploitations électriques. 15.
Société nouvelle des établissements Adt. 16.
Compagnie lyonnaise d'électricité. 16.
Société des grands réseaux électriques. 16.
Union houillère et électrique. 16.
Société d'usinage des tubes pour l'électricité. 16.
Société des téléphones Grammont. 17.
Société de gaz et d'électricité du Sud-Est. 17.
Société industrielle des téléphones. 17.
Société de Force et Lumière électrique de l'Ouest. 18.
Caisse Landaise auxiliaire d'électrification. 18.
Établissements Clavier. 18.
Secteur électrique de Billy-Montigny, 18.
Fibre et Mica. 18.
Société indépendante de constructions radioélectriques pour amateurs. 18.
Société de Force et Lumière de la Haute-Maurienne. 18.
Société des lampes Gramme. 18.
Forces motrices de la vallée de la Bienne. 18.
Secteur électrique de Billy Montigny et extensions. 18.
Énergie du littoral méditerranéen. 22.
Société d'électricité des Landes. 22.
Société anonyme de travaux d'exploitations électriques. 22.
Société centrale pour l'industrie électrique. 22.
Siemens Schuckert Werke g. m. b. H. 22.
Société des établissements Fink, Joras et Cie. 22.
Établissements La Lampe Styx et Fragor réunis. 22.
Prat et Cie. 22.
Société d'aménagements hydroélectriques. 22.
Le fil magnéto. 22.
Elecktrizitaets - Aktien - Gesellschaft Werke Schuckert und Cie. 22.
Établissments Dreyfus et Spira. 22.
Compagnie générale parisienne de tramways. 23.
Société algérienne d'éclairage et de force. 23.
Société financière pour le développement de l'électricité (Financière électrique), 23.
Société d'éclairage, chauffage et force motrice. 23.
Société d'emboutissage et de mécanique pour l'électricité. 23.
Les galeries électriques. 23.
Établissements Radio L. L. 23.
Siemens und Halske Aktiengesellschaft. 23.
Énergie électrique du Rouergue. 23.
Fabrique de tubes isolants Asta. 24.
Société radio-étoile. Établissements Perriaux-Malin et Cie. 24.
Le Téléphone privé. 24.
Tramways de l'Est-Parisien. 24.
Société dauphinoise d'accumulateurs. 24.
Énergie électrique du littoral méditerranéen. 27.
Établissements Vanherzecke Fournier. 27.
Compagnie parisienne d'énergie électrique. 27.

Digitized by Google

Société Le Transformateur. 27.
Société du secteur électrique Victor-Hugo. 27.
Compagnie parisienne du secteur Trinité. 27.
Compagnie parisienne du secteur Opéra. 27.
Société bitterroise de force et lumière. 27.
Société l'Union financière et société industrielle d'électricité. 27.
L'outil électrique français. 27.
Société du gaz et d'électricité de Grevenmacher. 27.
Société d'éclairage électrique du secteur de la place Clichy. 30.
Société centrale d'électricité Paris-Province. 30.
Société de distribution d'énergie électrique du canton de Boissy-Saint-Léger. 30.
Société du secteur électrique de la Bastille. 31.
Société d'énergie électrique du secteur Voltaire. 31.
L'énergie industrielle. 31.
Société d'éclairage électrique du secteur de la place Clichy. 31.
Société versaillaise de tramways électriques et de distribution d'énergie. 31.
Compagnie des tramways de Tunis. 31.
Société du gaz et de l'électricité de Marseille. 31.
Compagnie centrale d'énergie électrique. 31.
Électro-caoutchouc. 31.
Société alsacienne de constructions mécaniques. 31.
Établissements Gaiffe-Gallot et Pilon. 31.
Société hydroélectrique de la Cère. 31.
Société pyrénéenne d'énergie électrique. 31.
Compagnie du secteur électrique des voûtes d'Alger. 31.
Société électrique de l'Ouest de la Creuse. 35.
Compagnie du chemin de fer métropolitain de Paris. 35.
Constitution-Radio-Lyon-Emissions. 35.
Compagnies réunies du gaz et d'électricité. 35.
Société algérienne d'éclairage et de force. 35.
Société de construction électrique. 38.
Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. 38.
Société hydroélectrique des Dranses. 38.
L'énergie industrielle. 39.
Société des forces motrices de Vercors. 39.
Compagnie électrique de Franche-Comté. 39.
Énergie électrique de la ville de Bizerte. 39.
Compagnie télégraphique des Antilles. 39.
Société d'électricité du Tarn. 39.
Société hydroélectrique du Sud-Est. 39.
Énergie électrique du Nord de la France. 39.
Compagnie centrale d'éclairage et de transport de force par l'électricité (Compagnie d'électricité de Limoges). 39.
Société des forces motrices de la Vienne. 39.
L'électricité rurale du Sud-Ouest. 39.
Compagnie continentale Edison. 40.
Compagnie générale électrique. 40.
Le centre électrique. 42.
Société pyrénéenne d'énergie électrique. 42.
Société alsacienne de constructions mécaniques. 42.
Société du radium et de la radioactivité. 43.
Central-Lumière-Province. 43.
Société d'éclairage, chauffage et force motrice. 43.
Société des forces motrices de la Durance. 43.
Énergie électrique de Meuse et Marne. 43.
Union d'électricité. 43.
Entreprises électriques Pierre Garçon. 43.
Compagnie Le Taxiphone. 43.
La régionale électrique. 44.
Compagnie de locations électriques. 45.
Société Gramme. 44.
Société avignonnaise d'électricité. 46.
Compagnie générale de travaux d'éclairage et de force. Anciens établissements Clémençon. 45.
Forges et ateliers de constructions électriques de Jeumont. 46.
Société lyonnaise de lumière et de force. 46.
Compagnie radio-maritime. 46.
Compagnie électro-mécanique. 46.
Électricité d'Alep. 46.
Les exploitations électriques. 46.
Forces motrices du Haut-Rhin. 46.
Société des forces motrices de la Loue. 46.
Société des forces motrices réunies du Lignon de la Loire. 46.
Les réparations électriques du Poitou. 46.
Compagnie de constructions et d'applications électromagnétiques. 46.
Compagnie continentale Edison. 47.
Compagnie de distribution d'énergie électrique des Moulineaux. 47.
Tramways électriques de Nimes. 47.
Tramways électriques de Besançon. 47.
Tramways électriques de Montpellier. 47.
Tramways électriques de Châlons-sur-Marne. 47.
Tramways électriques de Dijon. 47.
Tramways électriques de Béziers. 47.
Tramways de Bordeaux-Bouscat, Le Vigean et extensions. 47.
Tramways de Cherbourg. 47.
Société pour l'étude des grands travaux, notamment par application du plan Dawes. 47.
Didier et Cie, ateliers électriques de Pierrefitte. 47.
Société industrielle et force. 47.
Compagnie d'électricité industrielle. 47.
Radio-Orient. 47.
Société d'électricité de la Sarre et de la Lorraine. 47.
Énergie électrique du Maroc. 47.
Société parisienne pour l'industrie des chemins de fer et des tramways électriques. 47.
Société nantaise d'éclairage et de force par l'électricité. 50.
Compagnie du secteur électrique des routes d'Alger. 50.
S. A. établissements Merlin et Gérin. 50.
Électro-métallurgie. Électro-chimie et Aciéries électriques d'Ugine. 50.
Société Indo-chinoise d'électricité. 50.
Tramways de Paris et du département de la Seine. 50.
Société française radio-électrique. 50.
Société lozérienne d'énergie électrique. 50.
Société d'énergie électrique de la Sorgue et du Tarn. 50.
Tramways de Nice et du Littoral. 51.
Société de gaz et d'électricité du Sud-Est. 51.
Compagnie d'électricité de Béziers. 51.
Énergie électrique du Sud-Ouest. 51.
Société de distribution d'électricité de l'Ouest. 51.
Société de contrôle de réseaux ruraux. 51.
Énergie électrique de l'Est. 51.
Société d'électricité de la région de Valenciennes-Anzin. 51.
Compagnies réunies de gaz et d'électricité. 51.
Société hydroélectrique de la Diège. 51.
Société de construction d'appareils mécaniques et électriques pour automobiles. 51.
Société d'études des forces motrices du Chassézac. 51.
Compagnie d'électricité de l'Ouest-Parisien. (Ouest-Lumière). 54.
Électricité de la Seine. 54.
Électricité du Rupt-de-Mad. 54.
Électricité de Strasbourg. 54.
Électricité d'Illkirch-Gräffenstaden et d'Eschau. 54.
Compagnie du gaz de Lyon. 54.
Société de transport d'énergie du centre. 54.
Est-Lumière. Compagnie d'électricité de l'Est-Parisien. 54.
Établissements Keller et Leleux. 54.
Le matériel isolant. 54.
Compagnie des lampes. 54.
Société lyonnaise de lumière et force par le gaz, l'électricité et tous autres modes. 54.
Compagnie du gaz de Lyon. 54.
Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. 55.
Constructions électriques de France. 55.
Ateliers de constructions électriques de Lyon et du Dauphiné. 55.
L'appareillage électro-industriel Pétrier-Tissot et Raybaud. 55.
L'énergie industrielle. 55.
Société Rateau. 55.
L'électrification (Société anonyme des établissements L. Guillot et Cie). 55.
Électro-exploitation. 55.
Société versaillaise de tramways électriques et de distribution d'énergie. 55.
Compagnie hydroélectrique d'Auvergne. 55.
Sud-Lumière. 55.
Énergie électrique du Nord de la France. 55.
Société roubaisienne d'éclairage par le gaz et l'électricité. 55.
Société d'éclairage et de force par l'électricité à Paris. 59.
Compagnie parisienne de distribution d'électricité. 59.
Compagnie électrique du Nord. 59.
L'ayonnithe. 59.
Société des établissements R. Chedanne. 59.
L'électro-entreprise. 59.
Anciens établissements Parvillée frères et Cie. 59.
Compagnie générale d'entreprises et d'électrification. 59.
Établissement Gaiffe-Gallot et Pilon. 59.
Magnétos France. 59.
Société des accumulateurs monoplaque. 59.
Société de construction et de location d'appareils de levage et de matériel de travaux publics. 59.
Magnétos R. B. 39.
Compagnie française des câbles télégraphiques. 59.
La lampe Zénith. 59.
Compagnie française pour l'exploitation du haut-parleur Acléa. 60.
Le Taxiphone. 60.
Divers. — Compagnie électro-mécanique. 62.
Force et lumière des Pyrénées. 62.
Énergie électrique de la Basse-Loire. 62.
Est-électrique. 65.
Ardennes électriques. 65.
Société des forces motrices de la Vienne. 65.
Société lozérienne d'énergie électrique. 65.
Le centre électrique. 65.
Usines hydroélectriques des Hautes-Pyrénées. 65.
Société hydroélectrique des Basses-Pyrénées. 65.
Compagnie lorraine de charbons, lampes et appareils électriques. 65.
Le moteur électrique. 65.
Société des accumulateurs fixes et de traction. 65.

Digitized by Google

L'électrification (Société anonyme des établissements L. Guillot et Cie). 65.
Secteur électrique de la ville d'Asnières. 65.
Société d'électricité de Mondorf-les-Bains. 65.
Énergie électrique suburbaine de Nancy. 65.
Société d'électricité de la vallée de l'Arre. 66.
Société d'électricité de Caen. 66.
Énergie électrique de Meuse et Marne. 66.
Énergie électrique Rhône et Jura. 66.
Calor. 66.
Union d'électricité. 66.
Société générale de forces motrices et d'éclairage de la ville de Grenoble. 66.
Le matériel isolant. 66.
Électro-Constructions S. A. (Anciennement Meyer et Kapp). 66.
Société Nord-Lumière (Le Triphasé). 66.
Société du gaz de Paris. 66.
Électrique Lille-Roubaix-Tourcoing. 66.
Énergie électrique du Nord de la France. 66.
Compagnie nouvelle d'éclairage et de chauffage par le gaz et l'électricité. 66.
Union hydroélectrique armoricaine. 66.
Tramways électriques de Saint-Étienne. 70.
Établissements Keller et Leleux. 70.
Compagnie centrale de tramways électriques. 70.
Entreprises électriques immobilières et industrielles. 70.
Compagnie de constructions et d'applications électromécaniques. 70.
Tramways d'éclairage de Beyrouth. 70.
Tramways électriques de Brest. 75.
Tramways électriques de Caen. 75.
Électro-Exploitation. 75.
Compagnie française Thomson-Houston. 75.
R. Dehay et Cie. 75.
Coopérative industrielle d'appareillage électrique. 75.
Compagnie générale d'entreprises électriques. 75.
Le taxiphone. Compagnie pour l'exploitation en France des téléphones automatiques. 75.
Société anonyme électrique de Voyenne. 75.
Société force et lumière des Pyrénées. 75.
Compagnie d'électricité de Brest et extensions. 75.
Union électrique du Finistère. 76.
Société du grand Doron. 76.
Production. Transport et distribution d'énergie. 76.
Société d'électricité de Gûebwiller et environs. 76.
Société rurale de distribution d'électricité de la Benauge. 79.
Force et lumière du Velay. 79.
Compagnie électrique du Nord. 79.
Société française d'électrification rurale. 79.
Société de la Haute-Isère. 79.
Compagnie d'électricité et de traction en Espagne. 79.
Énergie électrique du Centre de l'Espagne. 79.
Moteurs Drouard, veuve Drouard et Gillot. 79.
Société nantaise d'éclairage et de force par l'électricité. 80.
Société méridionale de transport de force. 80.
Compagnie bourguignonne de transport d'énergie. 80.
Compagnie Fasi d'électricité. 80.
Société d'électricité du littoral normand. 80.
Centrale électrique de Saint-Mard-sous-Dammartin. 80.
Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz. 80.
L'énergie industrielle. 82.
Ateliers Da et Duthil. 82.
Le crédit électrique. 82.
Caisse béarnaise auxiliaire d'électrification. 82.
Caisse centrale de la radiophonie française. 82.
Société d'électrométallurgie de Dives. 82.
Société anonyme pour l'équipement électrique des véhicules. 82.
Établissements H. Martiny et Cie. 83.
Compagnie électrique de Franche-Comté. 83.
Société des établissements Constable. 83.
Le condensateur téléphonique. 83.
Société des téléphones Grammont. 83.
Société d'appareillages électriques de Gennevilliers. 85.
G. Le Marchand et E. Talbot. 85.
Établissements Lemaire, 85.
Le taxiphone. Compagnie pour l'exploitation en France des téléphones automatiques. 85.
Établissements Saradio. 86.
Société électrique du Saulce. 86.
Compagnie française des transports du Donai. 86.
L'électricité de Marseille. 86.
Société d'électricité de Paris. 86.
Construction électrique de France. 86.
Société internationale d'énergie hydro-électrique (Sidro). 87.
Electricité d'Alep. 87.
Compagnie de signaux et d'Entreprises électriques. 87.
Electricité et tramways de Smyrne. 87.
Société de Production et de Distribution d'Énergie. 87.
Société des accumulateurs électriques (Anciens établissements Alfred Dinin). 87.
Le centre électrique. 87.
Société d'électricité des Landes. 91.
Maison Breguet. 91.
Secteur marocain. 91.
Secteur de Billy-Montigny. 91.
International Telephone. 91.
Société de sidérurgie lorraine. 91.
Société internationale d'énergie électrique. 91.
Société intercommunale belge d'électricité. 91.
Constructions électriques de France. 92.
Électricité de l'Est de la Belgique. 94.
Électricité de l'Ouest de la Belgique. 94.
Société des forces motrices de la vallée d'Aspe. 94.
Société industrielle d'entreprises électriques. 94.
Société artésienne de force et de lumière. 94.
Société de distribution d'électricité de l'Ouest. 94.
Procédés Sauter. 94.
Société électrique d'Aubencheul. 94.
Société des accumulateurs monoplaques. 94.
Électricité de la Seine. 95.
Compagnie électrique de la Grosne. 95.
Compagnie d'électricité de Limoges. 95.
Manufacture de machines auxiliaires pour l'électricité. 95.
Aciéries et Forges de Firminy. 95.
L'énergie industrielle. 95.

Combustibles et chutes d'eau.

Importants travaux hydroélectriques au Mexique. 4.
Projet hydroélectrique russe sur le Dniéper. 28.
L'installation hydroélectrique de l'Innwerk Bayerische Aluminium Gesellschaft. 74.
Aménagement hydroélectrique en Norvège. 100.
L'aménagement des chutes d'eau de faible et moyenne puissance. *Suppl.* 21.
Développement hydroélectrique aux Etats-Unis. 147.
Le barrage sur le torrent Rochemolles, à Bardonnèche (Italie). *Suppl.* 29.
Travaux hydroélectriques en Italie. 172.
Développements hydroélectriques. 218.
Developpements hydroelectriques Européens. 219.
Développements hydroélectriques au Canada. 220, 268.
Travaux hydroélectriques. 267.
L'usine hydroelectrique de Coghinas (Sardaigne), 292.
Le bilan des installations hydroélectriques italiennes. 312.
Utilisation en Amérique du lignite pulvérisé. 314.
L'industrie hydroélectrique dans la péninsule Ibérique, 340.
Les précautions sanitaires prises à l'usine hydroélectrique Martin Dam de l'Alabama power Co. 386.
La quantité d'eau fournie par un bassin d'alimentation. 387.
Travaux hydroélectriques canadiens. 410.
Les développements hydroélectriques du Canada. 480.
Bassin d'accumulation d'eau alimenté par des pompes, 530.
Une nouvelle usine hydroélectrique sur le Rhin. 530.
Utilisation de l'énergie thermique des mers. 555.

Commerce et industrie.

Fourniture de matériel électrique allemand au Pérou. 4.
Les importations de matériel électrique en Italie. 4.
Les difficultés des entreprises Allemandes en Russie. 4.
La consommation du zinc en Allemagne. 4.
Développement de l'industrie électrique au Japon. 4.
L'ingénieur commercial : sa formation. *Suppl.* 9.
La participation anglaise au trust international de l'acier. 52.
Entreprises américaines en Pologne. 52.
L'industrie électrique suédoise. 72.
L'industrie radioélectrique en Norvège. 72.
Loi relative au transport des marchandises. *Suppl.* 17.
Nouvelles Compagnies italiennes. 99.
La situation industrielle, en Autriche. 99.
Le service de propagande d'une entreprise de distribution d'énergie électrique. *Suppl.* 21.
Adjudications. *Suppl.* 58.
Des récents progrès de l'industrie électrique, par P. Janet, membre de l'Institut. 119. 182.
Un système nouveau de commission visant le développement de la clientèle des réseaux. 184.

Digitized by Google

Un grand projet industriel canadien. 219.
La metropolitan Vickers C^ie en Russie 220
Situation actuelle de la Grande-Bretagne au point de vue de l'électricité. 279.
Le marché électrotechnique de l'union Sud-Africaine. 313.
L'électricité au Canada. 315.
L'électricité et l'industrie de la soie artificielle. 315.
Concession russe en faveur de la Suède. 338.
Les progrès de la construction des machines électriques pendant l'année 1925. 361.
Entreprises américaines en Hongrie. 412.
Les travaux de la « General Electric C° » Américaine pendant l'année 1926. 458.
Le progrès de l'industrie électrique en Australie. 480.
Les développements de l'industrie électrique en Russie. 480.
Les développements de l'industrie électrique du Mexique. 485.
L'équilibre dans la production industrielle Russe. 506.
L'industrie électrique en République Argentine. 508.
Fourniture d'énergie aux mines. 550.
L'industrie électrique au Japon. 551.

Conducteurs et câbles.

La production du courant continu à haute tension pour les essais de câbles. 5.
L'équilibrage électrique des câbles sous-marins. 13.
Câbles de transmission d'énergie électrique sous-marins de grande longueur. 25.
Essais des câbles par courant continu à haute tension. 45.
Un câble sous-marin Italo-Portugais. 52.
L'industrie des câbles en Allemagne. 76.
Perte de puissance dans les câbles aluminium-acier. 145.
Indicateurs de défauts pour canalisations électriques. *Suppl.* 33.
Un nouveau câble sous-marin France-Angleterre. 264.
Le nouveau câble télégraphique allemand des Açores. 310.
Câbles à haute tension. Sur la détermination de l'épaisseur optima à donner au revêtement isolant des câbles à trois conducteurs utilisés en haute tension. 324.
Conducteurs creux pour réseaux aériens à très haute tension. 457.
Un câble souterrain pour 132 kv. 480.
Nouveau câble télégraphique Etats-Unis-Extrême-Orient. 481.
Nouveau câble américain dans le Pacifique. 483.
Un nouveau câble transatlantique France-Amérique. 484.

Correspondance.

A propos des transformateurs à pertes réduites, par P. Torchio. 120.
Compteurs. M. Fichter. 316.
Moteurs asynchrones à polarités multiples, par H. de Pistoye. 412.
Les transports par voie ferrée et par route, par Marcel de Coninck. 460.
Sur l'Oscilloscope, par MM. Toulx et Demontvignier. 556.

Cours. — Concours. — Conférences. Congrès. — Enseignement.

Cours.

Cours spéciaux d'éclairage. 6.
Cours publics et gratuits du Conservatoire National des Arts et Métiers. *Suppl.* 73.

Concours.

Dans le monde savant. *Suppl.* 49.
Avis de concours. *Suppl.* 61.

Conférences.

Conférences sur les actualités scientifiques et industrielles. *Suppl.* 5.
Conférences d'actualités scientifiques et industrielles. 5.
Conférence internationale des grands réseaux électriques à haute tension. 289.328. *Suppl.* 29.

Congrès.

Quatrième congrès de l'artisanat français. Vœux adoptés. *Suppl.* 49.
Le centenaire de Volta. 409.

Enseignement.

Ecole supérieure d'électricité. *Suppl.* 9.
L'électrotechnique en Suède. 195.
L'inauguration de l'Ecole supérieure d'électricité. 505.

Diélectriques.

Emploi du wattmètre électrodynamique dans la détermination des pertes diélectriques. 129.
Résumé critique des derniers travaux sur les diélectriques. 345, 377.

Distributions.

Les réseaux du système série à courant continu. 2.
La station d'interrupteur à air libre de Gresten (Autriche). 24.
Les progrès de l'électricité en agriculture. 39.
Accident mortel dû à l'incompétence d'un « ingénieur ». 73.
L'amélioration du rendement des distributions fonctionnant à faible charge, par P. Normier. 84.
Distribution de l'énergie dans l'Afrique du Sud. 146.
A propos du courant diphasé, par C. Prunac. 317.
L'électrification rurale. *Suppl.* 69, 90.
Quelques emplois de l'énergie électrique dans les exploitations agricoles. 476.
Les réseaux géants de distribution d'énergie électrique. 484.
L'électrification rurale au Danemark. 548.
Unification de la fréquence dans la région parisienne. 410.
La mise à la terre des appareils électriques par le neutre peut provoquer des accidents. 457.
Comparaison entre le courant continu et les courants alternatifs, par Mathivet. 534.
Transmission à 220 000 v en Californie. 557.
Arrêté du 30 avril 1927 sur les distributions d'énergie électrique. 385, 405, 429, 451, 524, 549, 574.

Distinctions honorifiques.

100, 124, 148, 340. *Suppl.* 36.
L'École supérieure d'électricité, citée à l'ordre de l'armée, 412, 532. *Suppl.* 61.

Divers.

Compagnie d'applications mécaniques (nécrologie). *Suppl.* 6.
Un détonateur électrique. 27.
L'état actuel des services publics aux Etats-Unis. 33.
Le 20^e anniversaire de la mort d'Hospitalier, par A. Soulier. 49.
Réparation du pont de Suresnes au moyen de l'arc électrique. *Suppl.* 15.
L'électrisation des fils dans les filatures. *Suppl.* 13.
Les accidents de l'électricité industrielle et domestique, par le D^r Zimmern. 101, 159.
Un arc au mercure pour la polarimétrie. 119.
Les courants gazeux dans les fours. 120.
Expériences de sauvetage. 147.
Observations sur l'Amérique. 197.
Le centenaire de deux précurseurs : Volta et Berthelot *Suppl.* 37.
Le développement de l'électricité dans les divers pays du monde. 240.
Sur la rotation d'un arc entre électrodes en charbon. 287.
Origines et production du tungstène. 288.
Importations chinoises du matériel électrique. 288.
Conseil national économique. *Suppl.* 49.
Un des plus puissants phares du monde. *Suppl.* 57.
Le platine au Transvaal. 340.
L'emploi de l'électricité dans l'agriculture. 360.
Séchage du foin par l'électricité. *Suppl.* 65.
La stérilisation du lait par l'électricité. *Suppl.* 65.
Utilisation de l'énergie électrique dans les mines. 386.
Une invention mirifique. 388.
Les applications de l'acétate de cellulose dans l'industrie électrique. *Suppl.* 69.
Unification de la fréquence dans la région parisienne. 410.
Les emprunts Italiens en Amérique. 428.
Fil explosant. 433.
La mise à la terre des appareils électriques par le neutre peut provoquer des accidents. 457.
La vitesse de propagation des sons dans les liquides. 507.
L'électrisation négative de la terre et les coups de foudre. 507.
Sur quelques propriétés des cellules photoélectriques au Potassium cellulophone. 508.
Le refroidissement des grands redresseurs à vapeur de mercure. 531.
Comparaison entre le courant continu et les courants alternatifs, par J. Mathivet. 534.
Aperçu de quelques questions électriques d'actualité, par L. Conge. *Suppl.* 93.

Documents officiels.

Le « règlement du paratonnerre » dans l'Ontario. 23.
Technique des installations électriques, par A. Hayet et Redon. 105.
Nouvelles prescriptions suisses, relatives à l'exploitation et à l'entretien des installations électriques intérieures. 147.

Digitized by Google

Secours à donner aux personnes victimes d'accidents électriques. 210.
Arrêté du 30 avril 1927 déterminant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique. 585, 405, 429, 451.
Circulaire du 30 avril 1927 déterminant les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique. 524, 549, 574.

Éclairage électrique.

Sur l'analyse des lampes électriques. 47.
Détecteur à gaz pour lampes électriques de sécurité des mineurs. *Suppl.* 25.
Répartition des températures le long d'un filament incandescent de tungstène chauffé électriquement dans le vide. 215.
Lampe à mercure de petites dimensions et de grande brillance. 285.
Constitution et alimentation des phares d'automobiles. 295.

Électrobiologie.

Les accidents de l'électricité industrielle et domestique, par le Dr Zimmern. 101, 159.
Expériences de sauvetage. 147.
Théorie de l'excitation des nerfs et muscles par les courants électriques de haute fréquence. 570.

Électrochimie.

Les métaux purs dans l'industrie électrique. 70.

Électrolyse.

La galvanoplastie sur le fer et l'acier. 55.
Soupape électrolytique avec électrode en tantale. 195.
La déposition électrique du caoutchouc. 240.
La concentration des ions hydrogène, par A. Boutaric. 341, 370, 461.

Électrothermie.

Les fours électriques à résistance. 16.
Cellule photo-électrique au cadmium. 22.
Four à enroulement de molybdène pour la réalisation du corps noir au point de fusion du palladium. 288.
Constructions en tôles d'acier soudées électriquement. 315.
Le chauffage électrique des voitures de tramways de Berlin. 508.
Le chauffage électrique et les nouveaux tarifs, par A. Soulier. 533.
L'emploi de l'énergie électrique pour le chauffage industriel en Amérique. 548.
Réparation du pont de Suresnes au moyen de l'arc électrique. *Suppl.* 15.
Le séchage du foin par l'électricité. *Suppl.* 65.
Fil explosant. 455.

Expositions.

Le Salon de la T. S. F. *Suppl.* 61.
Voy. *Moteurs thermiques.*

Isolants. — Isolateurs. — Isolement.

Un nouvel isolant allemand. 26.
Les micanites et l'utilité pour leur fabrication dans le glyptal et les résines en dérivant. 112.
Répartition de la tension dans les isolateurs formés de plusieurs pièces. 146.
Les isolants électriques et la rupture d'isolement ou « breakdown ». 525.
Isolateurs pour lignes aériennes à 220 000 v. 474, 561.

Lampes à incandescence.

Constitution et alimentation des phares d'automobiles. 295.
La fabrication moderne des lampes à incandescence et des lampes de T. S. F. 527.
La résistance mécanique des filaments de lampes à incandescence. 484.
Les lampes à atmosphère conductrice. *Suppl.* 89.

Législation.

La nouvelle législation des brevets devant le parlement. 251, 250.
Arrêté du 30 avril 1927 sur les distributions d'énergie. 585, 405, 429, 451, 524, 549, 574.

Lignes de transmission.

Remarque sur les lignes de transmission à haute tension.
La traversée d'un bras de mer par une ligne aérienne d'une portée de 1900 m. 168.
Étude préparatoire d'une ligne aérienne à très haute tension. 259.
La première ligne européenne de transmission d'énergie à 380 kv. 290.
Détermination de la flèche d'un conducteur aérien, par F. Loppé. 319.
Remarque sur les lignes de transmission à haute tension. 557.
Relevé de défauts sur des lignes aériennes au moyen d'aéroplanes. 560.
Construction d'une ligne aérienne à 220 000 v. 548, 557.

Locomotion.

Chemins de fer électriques :

Les applications de l'électricité sur le réseau de l'État. *Suppl.* 1.
Inauguration de la traction électrique sur la ligne Paris-Vierzon. 1.
Construction de locomotives électriques avec moteurs Diesel en Russie. 26.
Electrification de chemins de fer au Danemark et en Hongrie. 48.
Electrification de chemins de fer aux Etats-Unis 52.
Extension des chemins de fer électriques en Angleterre. 95.
Résultats économiques de l'électrification des chemins de fer du Nord de l'Espagne. *Suppl.* 21.
Traction électrique et traction à vapeur. 144.
L'achèvement du Transpyrénéen d'Ax-les-Thermes à la frontière. *Suppl.* 25.
L'électrification du Great Northern railway. 146.
L'électrification de la ligne de Saint-Germain. *Suppl.* 29.
La voie ferrée Tunisie-Algérie. *Suppl.* 29.
Extension des chemins de fer électriques en Angleterre. *Suppl.* 29.
Locomotives électriques des chemins de fer allemands pour lignes de montagnes. 188.
Considérations sur l'électrification totale des chemins de fer des Etats-Unis. 196.
Agencements téléphoniques spéciaux dans les chemins de fer souterrains de Londres. 220.
Locomotive électrique à moteur Diesel et boîtes de vitesse. 239.
Électrification des chemins de fer suburbains de Sydney. 240.
Locomotive électrique à moteur Diesel de 750 kw. 242.
Les nouvelles locomotives de 4500 ch du chemin de fer de Lötschberg. 262.
La transmission des signaux aux trains en marche. 263.
Electrification des chemins de fer du Nord de l'Espagne. 266.
Electrification du réseau de la Compagnie des chemins de fer du Midi. 290.
Électrification des chemins de fer japonais. 291.
Électrification de chemins de fer en Autriche. 291.
Électrification de chemin de fer dans l'Afrique du Sud. 292.
Électrification de la ligne Genève-Berne. *Suppl.* 57.
La traction mixte à gaz et électrique en Amérique en 1926. *Suppl.* 57.
La signalisation électrique automatique sur les chemins de fer français. 58.
L'électrification des chemins de fer fédéraux suisses. 360.
Électrification des chemins de fer du Japon. 411.
Les redresseurs à vapeur de mercure du métropolitain de Berlin. 428.
Les transports par voies ferrées et par routes. 455.
L'électrification des chemins de fer italiens. 456.
Traction électrique. L'électrification des chemins de fer français. *Suppl.* 77.
Le Transpyrénéen. *Suppl.* 77.
L'électrification des voies ferrées à Madagascar. *Suppl.* 77.
La signalisation sur les locomotives de chemins de fer 468.
Locomotive à accumulateurs, avec traction auxiliaire au moyen d'un moteur à gaz actionnant une dynamo génératrice. 505.
Electrification de chemin de fer au Chili. 506.
Electrification dans le Tyrol. 506.
Comparaison entre la traction électrique et la traction mécanique au point de vue économique. 552.
L'électrification des chemins de fer suédois. 572.

Tramways électriques :

Tramways en aluminium. *Suppl.* 21.
Nouveaux moteurs de tramways. 196.
Création d'une longue ligne de tramways en Pologne. 220.

Digitized by Google

Navigation électrique.

Le pétrolier à propulsion moto-électrique « Van Dyke » de 7000 tonnes. 171.
Propulsion électrique des navires. 387.
L'emploi du moteur synchrone dans la marine. 411.
Un nouveau paquebot à propulsion électrique. *Suppl.* 89.

Electromobiles :
Electromobiles. 514.
Les tracteurs à accumulateurs pour le service des quais de Hambourg de l'Hamburg America line. 505.

Magnétisme.

Les électro-aimants de levage. 66.
L'essai magnétique des aciers. 96.
Noyaux en ferro-nickel « hypernik » dans les transformateurs de fréquence. *Suppl.* 25.
La stabilité magnétique des aimants permanents. 264.
La viscosité magnétique. 402.
Sur la perméabilité du fer aux hautes fréquences. 522.
Relations entre les perturbations magnétiques et l'activité solaire. 555.
Magnétisme et matières magnétiques. 571.

Métallurgie.

Remarquables propriétés des alliages de nickel et de fer. 77.
Un nouveau procédé d'écrouissage du cuivre. 220.
Fabriques de tungstène en Russie. 220.
La production mondiale de l'aluminuim. 515.

Méthodes de mesure.

Sur la mesure des grandes résistances électriques. 47.
La mesure des vitesses de rotation. 118.
Mesure de la puissance ou de l'énergie réactive d'un réseau triphasé, par G. Poux. 255.
Méthode d'essai stroboscopique des compteurs d'énergie électrique. 269, 516.
Mesure des fréquences utilisées en T. S. F. 285.
La mesure des pertes dans les isolants de câbles. 295.
Méthodes modernes de mesure des capacités. 427.
Évaluation des traces de mercure dans l'atmosphère. 556.
Méthode de mesure des distensions sur les isolants. 556.
Un nouveau laboratoire allemand d'essais à très haute tension. 556.
Ce que doit être une horloge parfaite. 575.

Moteurs électriques.

Courant alternatif :
Le nouveau moteur monophasé Krupp. 72.
Note sur un nouveau type de moteur asynchrone à trois vitesses. 551.
Sur le fonctionnement des moteurs asynchrones polyphasés à couple constant, par J. Bethenod. 389, 412.
Moteurs triphasés compensés. 506.

Moteurs thermiques.

Moteur Diesel de grande puissance. 27.
Un moteur Diesel de 15 000 ch. 146.
Utilisation de l'énergie thermique des mers. 555.

Prix décernés.

Le Prix Nobel de physique. *Suppl.* 1.
Remise de la médaille Mascart à Sir J.-J. Thomson. 266.

Questions théoriques.

La nature de l'arc électrique et les idées modernes visant à l'expliquer. 88.
Emission de radiations de courte longueur d'onde par les corps faiblement conducteurs. 94.
Les rayons δ de collision. 95.
Recherches expérimentales sur les mobilités des ions dans les gaz. 190.
L'instabilité des aciers au nickel. 286.
Emission positive obtenue au moyen de champs électriques intenses. 287.
La transmutation artificielle des éléments. 450.
La détermination des valeurs scalaires extrêmes d'une quantité complexe. 479.
Sur la rectification de contact. 522.
Sur les oscillations de Barkhausen. 523.
Sur l'effet Volta. 524.
Sur une anomalie des détecteurs à contact. 575.

Rayons X. — Rayons ultra-violets. Radio-activité.

Nouveau tube à rayons cathodiques. *Suppl.* 21.
Communication américaine sur les émanations radioactives. 290.
Production de rayons cathodiques à haute tension en dehors de tube générateur. 334.
Emission de rayons analogues aux rayons X par les corps faiblement conducteurs. 335.
Les rayons β de collision. 335.
Quelques propriétés nouvelles des rayons X. 558.
Le traitement des animaux par les radiations ultra-violettes. 445.
Radioactivité du potassium et du rubidium. 450.
Étude de la luminescence de la vapeur de mercure excitée par choc électronique. 570.

Résistances.

Les cellules au sélénium. 26.
Résistance électrique aux basses températures. 141.
Remarques sur la réversibilité des rhéostats d'excitation du type potentiométrique. 162.
Variations de la résistance électrique de certains cristaux sous l'influence de la lumière. Examen de l'effet du sélénium et de ses succédanés. 190.

Sociétés savantes.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 22 novembre 1926 : Radiogoniomètre et radiophares à maximum accentué, par Léon Boutillon. 18.

Séance du 29 novembre 1926 : Sur l'utilisation de l'énergie des eaux chaudes naturelles. Remarques au sujet de la note de MM. G. Claude et Boucherot, par M. P. Villard. 18.
Sur l'utilisation de l'énergie thermique des mers, par M. Georges Claude. 19.
Complément à la note précédente, par M. G. Claude. 19.
Sur le paramagnétisme indépendant de la température, par Mlle Paule Collet. 19.

Séance du 6 décembre 1926 : Utilisation industrielle de l'énergie d'un liquide chaud dans une turbine à vapeur, par M. Jean Rey. 20.
Sur les variations des propriétés optiques du quartz piézo-électrique soumis à des courants de haute fréquence, par M. Edgard-Pierre Tawil. 20.
Etude des radiations monochromatiques du cadmium dans les lampes Michelson et Fabry en vue de leurs applications métrologiques, par M. Albert Pérard. 21.

Séance du 13 décembre 1926. Prix décernés en 1926.

Séance du 20 décembre 1926 : Valeur du potentiel à l'intérieur d'un faisceau d'électrons en mouvement, par Pierre Brécout. 43.
Sur la tension superficielle des liquides isolants soumis au champ électrique, par MM. Bruhat et M. Pauthenier. 44.
Sur le mécanisme de l'interrupteur électrolytique, par M. G. Cholange. 44.

Séance du 27 décembre 1926 : Loi de distribution des orages magnétiques et de leurs éléments. Conséquence à en tirer sur la constitution du soleil, par M. Deslandres. 67.
Sur le gisement angulaire des poulies et le glissement des brins menant et mené de la courroie, par M. Swyngedauw. 68,

Séance du 4 janvier 1927 : Spectrographie de flammes dans un moteur à explosion, par MM. A. Henne et G.-L. Clark. 69.

Séance du 10 janvier 1927 : Sur une pendule libre entretenue par un courant photo-électrique et sur son application au problème de l'heure, par MM. G. Ferrie et R. Jouaust. 89.
Sur une image mécanique de l'hystérésis et sur l'inconstance de l'exposant de Steinmetz, par M. Paul-Gabriel Girault. 89.
Sur la possibilité de mettre en accord la théorie électromagnétique avec la nouvelle mécanique ondulatoire, par M. Louis de Broglie. 90.
Peut-on déceler directement le moment magnétique de l'électron, par Léon Brillouin. 91.

Séance du 17 janvier 1927 : Diamagnétisme des substances mésomorphes : orientation des corps smectiques par le champ magnétique, par M.-G. Foex. 91.

Digitized by Google

Un enregistreur de la fréquence des atmosphériques; son utilisation en météorologie par MM. Bureau, A. Viaut et A. Gut. 92.
Sur un phénomène sonore perçu pendant une aurore polaire très intense, par M. Hans Jelstrup. 95.

Séance du 24 *janvier* 1927 : Température de transformations magnétiques dans le système de sesquioxyde de fer, par MM. J. Huggett et G. Chaudron. 95.

Séance du 31 *janvier* 1927 : Détermination du point isoélectrique de la laine et de la fibroïne de soie. Applications par MM. L. Meunier et G. Rey. 115.

Séance du 7 *février* 1927 : Contribution à l'étude de la matière fulminante. Décomposition spontanée et sans bruit sensible de certains éclairs sphériques de grand diamètre, par E. Mathias. 116.
Sur la Synchronisation à distance des pendules de précision sans l'intermédiaire d'aucun contact, par M. Lejay. 117.
Sur un procédé général de préparation des colloïdes métalliques par M. Eugène Fouard. 117.

Séance du 14 *février* 1927 : Appareil à lecture directe pour la mesure des champs magnétiques. Gaussmètre par M. Gaston Dupouy. 138.
Remarques sur la communication précédente de M. G. Dupouy par M. A. Cotton. 139.
Sur les propriétés diélectriques des gaz ionisés, par MM. Henri Gutton et Jean Clément. 139.
Propriétés magnétiques du pyrophosphate de manganèse à diverses températures, mesure du moment de l'ion $Mn^{\cdot\cdot}$, par M. G. Foex et Mlle A. Brunet. 140.
Sur le paramagnétisme constant du vanadium pentavalent par M. Nicolas Perrakis. 141.

Séance du 28 *février* 1927 : Sur la télévision. Premiers résultats dans la transmission des images animées, par MM. Belin et Holweck. 164.
Sur la périodicité des situations magnétiques troublées observées au Parc Saint-Maur et au Val-Joyeux, par M. C.-E. Brazier. 165.

Séance du 7 *mars* 1927 : Sur les procédés de repérage d'alignement par les ondes hertziennes et sur les radiophares d'alignement par M. André Blondel. 185.
Contribution à l'étude de la matière fulminante : Exemples de décomposition spontanée, par M. E. Mathias. 186.
Sur les contacts rectifiants, par M. H. Pellaton. 187.
L'oscillateur de Planck, par M. Raoul Ferrier. 188.

Séance du 14 *mars* 1927 : Contribution à l'étude de la matière fulminante. Celle-ci est-elle chaude ou froide? par M. E. Mathias. 212.
Sur un nouvel oxyde ferrique ferromagnétique, par M. Raymond Chevalier. 212.
Sur la propagation des ondes électromagnétiques autour de la terre; par MM. Henri Gutton et Jean Clément. 213.
Expérience sur la propagation des ondes radiotélégraphiques en altitude, par MM. P. Idrac et R. Bureau. 214.
Valeurs des éléments magnétiques à la station du Val-Joyeux (Seine-et-Oise) au 1er janvier 1927, par MM. L. Eblé et J. Ité. 215.

Séance du 21 *mars* 1927 : Sur les radiophares tournants, par M. A. Blondel. 236.
Sur les propriétés électriques de quelques proposés métalliques, par M. André 237.
Sur les constantes d'un quadripôle passif, par M. Vaillot. 257.
Electrolyse des dissolutions aqueuses d'acide oxalique pur, par M. E. Doumer. 258.

Séance du 28 *mars* 1927 : Sur la possibilité de modifier à volonté le signe électrique des colloïdes, par M. A. Boutaric et Mlle G. Perreau. 282.

Séance du 4 *avril* 1927 : Sur la répartition des courants de Foucault dans un disque métallique soumis à l'action du pôle inducteur de section circulaire, mais excentré par rapport au disque, par M. Barbillon. 285.
Radioqualitomètre à lecture directe et continue, par M. Iser. Salomon. 285.

Séance du 11 *avril* 1927 : Remarque au sujet des émissions hertziennes dirigées, par M. André Blondel. 284.

Seance du 25 *avril* 1927 : Sur la période propre des régulateurs directs, par M. Louis Barbillon. 284.
Sur la détection par lampes, par M. P. David. 305.
Décharge sans électrodes en ondes amorties et en ondes entretenues. Spectres continus du césium et du potassium, par M. Georges Balasse. 306.

Séance du 2 *mai* 1927 : Sur l'énergie rayonnée par les réseaux électromagnétiques, par M. R. Mesny. 307.
Sur un gyroscope alimenté en courant alternatif par ses axes de suspension, par M. Armand de Gramont. 308.

Séance du 9 *mai* 1927 : Des conditions de la mort par le tétanos électrique chez les poissons, par M. Charles Richet. 309.
Sur le mécanisme de l'émission d'un rayonnement par les cellules de grande résistance électrique, par M. G. Riboul. 310.

Séance du 16 *mai* 1927 : Etalonnage direct d'un ondemètre en fonction des harmoniques d'un diapason, par MM. F. Bedeau et J. de Mare. 332.
L'influence des actions mécaniques et des courants alternatifs sur les discontinuités d'aimantation du fer, par M. St-Procopiu. 332.
Sur les éléments photo-voltaïques à glycérine, par M. A. Grumbach. 333.
Mesure de la conductibilité électrique de l'atmosphère dans la région du pôle Nord, par M. Malingron Reunebok. 334.

Séance du 23 *mai* 1927 : Bruissement dans l'aimantation du fer, par M. Arkadiew. 334.
Sur la perméabilité du fer aux fréquences élevées par M. C. Gutton et Mme E. Mme. 335.

Séance du 30 *mai* 1927 : Sur le réglage des régulateurs à commande directe munis d'amortisseurs, par M. André Blondel. 336.
Sur le renforcement de la tension d'une courroie par le fait de son enroulement sur la poulie, par M. R. Swyngedauw. 336.
Sur une nouvelle méthode d'étude du dépôt électrolytique des radioéléments, par M. Joliot. 336.

Séance du 13 *juin* 1927 : Le champ magnétique terrestre et les propriétés électromagnétiques internes du globe, par M. Marcel Brillouin. 400.
Sur la résistance électrique théorique au contact de deux sphères conductrices élastiques, abstraction faite de la couche de passage, par MM. Robert Esnault-Pelterie et Osée Marcus. 400.
Sur l'effet Volta, par M. Emmanuel Dubois. 400
Sur certaines particularités de la ferro-résonance, lorsque la résistance n'est pas négligeable, par M. Rouelle. 401.
Sur les oscillations de Barkhausen obtenues avec des lampes françaises, par M. E. Pierret. 425.
Sur les propriétés magnétiques du chlorure et du sulfate de vanadyle et sur le moment atomique du vanadium tétravalent, par M. Nicolas Perrakis. 426.

Séance du 20 *juin* 1927 : L'électron magnétique et la mécanique ondulatoire, par M. L. Rosenfeld. 471.
Sur une disposition de cage de Faraday pour radiotélépraphie, par MM. Beauvais et Mesny. 471.

Séance du 27 *juin* 1927 : Méthodes et appareils pour la mesure de la dureté hertzienne, par M. Robert Esnault-Pelterie. 471
Les deux moments magnétiques de l'atome, par M. Raoul Ferrier. 472.
Déformations électriques du quartz, par M. Ny-Tsi-Ze. 473.
Sur la conductivité de l'acide fluorhydrique, par M. Maurice Auméras. 473.

Séance du 4 *juillet* 1927 : Sur le contact métal-sulfure cuivreux, par M. J. Cayrel. 500.
Théorie des sous-électrons, par M. T. Peczalske. 500.
Sur la répartition du champ électrique dans l'espace sombre, par M. Morand, 500.
Sur la réaction électrique des cellules végétales à la polarisation, par M. Daniel Auger. 500.

Séance du 11 *juillet* 1927 : Sur l'effet Volta, par M. Emmanuel Dubois. 501.
Etude magnétique du tétroxyde et du trioxyde de vanadium, mesure du moment atomique du vanadium tétra et trivalent, par Nicolas Perrakis. 501.
Quelques observations faites sur le quartz piézo-électrique en résonance, par M. Edgard-Pierre Tawil. 502.

Séance du 18 *juillet* 1927 : Changement des propriétés optiques du quartz sous l'influence du champ électrique, par M. Ny-Tsi-Ze. 520.
Influence du champ magnétique sur la polarisation de la radiation de résonance du cadmium, par M. Paul Soleillet. 521.

Séance du 25 *juillet* 1927 : Sur une variation du magnétisme terrestre, par M. Jean C. Popesco. 521.
Séance du 1er *août* 1927 : L'échauffement des tissus par les courants de haute fréquence, par M. d'Arsonval. 545.

Digitized by Google

Sur les équations de l'électromagnétisme, par MM. Gouseth et Juvet. 544.
Sur la théorie du paramagnétisme, par M. Cabrera. 544. *Séance du 8 août* 1927 :

Séance du 17 août 1927 : Sur la proportion des vapeurs nitreuses au voisinage d'une lampe à arc pour traitement médical, par M. J. Dadlez. 544.
Sur le paramagnétisme des familles du palladium et du platine, par M. Cabrera et M. Dupérier. 544.

Séance du 22 août 1927 : Les phénomènes électrocapillaires et les ions, par W. Kopaczenski et M. Rosnowski. 545.
Sur la façon de se comporter de divers métaux dans l'électrolyse de l'eau par le courant alternatif, par M. A.-P. Rollet. 545.

Séance du 29 août 1927 : Formules des courbes de magnétisme dans les machines électriques et des courbes d'induction dans les tôles, par M. Frantz Cathelin. 546.
Sur les applications d'un type particulier d'amplificateur à réaction, par M. P. Lejay. 547.

Séances des 5, 12, 20, 26 septembre. 548.

Seance du 3 octobre. 570.

Séance du 10 octobre : Étude quantitative de la luminescence de la vapeur de mercure excitée par choc électronique; par Pierre Bricout. 570.
Sur la théorie de l'excitation des nerfs et des muscles par des courants électriques de haute fréquence, par M. Lasareff. 570.

Sociétés diverses.

Voyage de la Société française des Electriciens aux mines du Nord. 241.
Élection à l'Académie des sciences. *Suppl.* 49.
Société française des Electriciens. 397. *Suppl.* 55.
L'association des électrotechniciens allemands. 360.
La semaine de discussion de la Société française des Electriciens. 481.

Stations centrales.

Electrification du Caucase 25.
Les installations électriques de la ville de Vienne. 24.
La suppression des vibrations acoustiques dues aux machines tournantes. 25.
L'électrification des mines de soufre en Sicile. 28.
La mise à la terre des objets métalliques. 47.
Projets d'électrifications en Hongrie. 52.
Electrification en Tchéco-Slovaquie. 76.
Production et consommation de l'énergie en Espagne. 76.
La protection des grosses machines électriques contre l'incendie. 88.
La production d'énergie électrique en Italie pendant l'année 1925. 100.
Accroissement de puissance des stations centrales aux Indes. 124.
Statistique de l'union des centrales allemandes pour l'année 1925. 144.
Accroissement de la charge des usines centrales électriques par suite du développement du chauffage électrique industriel. *Suppl.* 25.
Extension de l'emploi du charbon pulvérisé en Allemagne 168.
Développements électriques aux Etats-Unis 172.
La sécurité de fonctionnement de la chaudière à très haute pression, 216.
Installations à haute pression dans les centrales électriques. 216.
Développement électrique en Europe. 220.
Développements électriques au Japon. 220.
La vapeur dans les centrales électriques. 239.
Les nouvelles chaudières à vapeur à 110 kg : cm². 242.
L'électrification du grand duché de Luxembourg. 266.
La protection des machines électriques contre l'incendie. 268.
Le béton réfractaire. *Suppl.* 50.
Statistique des stations centrales autrichiennes. 291.
Les sous-stations placées à l'extrémité d'une ligne aérienne sont plus exposées aux surtensions que les autres. 291.
Comparaison entre les prix de revient de l'énergie électrique dans des usines thermiques et des usines hydrauliques. 292.
Sous-stations automatiques à Copenhague. 312.
Statistiques des usines électriques de Roumanie. 314.
Comment produire gratuitement un kilowatt-heure de 3000 calories, par Herny. 392-420.
L'énergie électrique en Italie. 435.
La production de l'énergie électrique en 1926. 507.
L'usine génératrice de Wallenpaupack et les installations à 220 000 v. de la Pennsylvania Power and Light Co. 530.
Les installations électriques en Angleterre. 532.
Utilisation de l'énergie thermique des mers. 555.
Lignes à 220 000 volts en Californie. P. Normier. 557.

Télégraphie et Téléphonie.

Une convention télégraphique Mexico-Cubaine. 4.
L'industrie téléphonique en Espagne. 52.
Une liaison téléphonique Londres-Vienne. 52.
Liaison téléphonique Etats-Unis-Mexique. 98.
Télégraphie sous-marine. 99.
Quelques aspects de la question des appels simultanés dans un même central en téléphonie automatique. 155, 204, 245.
Ligne télégraphique à grande distance au Canada. 147.
Abaissement des tarifs téléphoniques en Allemagne. 172.
Les extensions téléphoniques aux Etats-Unis. 218.
Nouveaux prolongements de la téléphonie transatlantique. 218.
Le nouveau câble télégraphique allemand des Açores. 310.
Un nouveau dispositif d'essai des appareils téléphoniques. 340.
Répétiteurs téléphoniques en Nouvelle-Zélande. 340.
Transition de la téléphonie manuelle en téléphonie automatique à Londres. 340.
Un nouveau commutateur rotatif pour téléphone automatique. 353.
Les dommages causés aux installations télégraphiques et téléphoniques du Japon, par le tremblement de terre de 1925. 387.
Téléphonie à longue distance en Russie. 456.
Les installations téléphoniques et télégraphiques du chemin de fer à traction électrique de Stockholm à Gothenbourg. 480.
Une année d'activité dans le développement des courants faibles aux Etats-Unis. 482.
Téléphonie transatlantique. 575.

Téléphonie et Téléphonie sans fil.

Les débouchés commerciaux de la T. S. F. en Amérique du Sud. 4.
Transmissions radiotéléphoniques sur fil en Hollande. 24.
Une nouvelle station de radiodiffusion au Pérou. 24.
Une superstation de radiodiffusion en Russie. 28.
Téléphonie transatlantique. 28, 50, 99.
Le nombre des stations de radiodiffusion au Canada. 28.
Radiotéléphonie transatlantique. 50, 99.
Un nouveau radiogoniomètre à lecture directe. 51.
La lampe de T. S. F. mixte-grille. 64.
La téléphonie sans fil entre Londres et New-York. *Suppl.* 15.
Un grand nombre de postes émetteurs radiotéléphoniques américains demande une nouvelle organisation. 76.
La liaison radio-télégraphique par ondes courtes dirigées Angleterre-Australie. 98.
Les progrès de la télévision en Angleterre. 125.
Les antennes et les orages. 125.
Essais préliminaires de la liaison radio-électrique Angleterre-Australie. 124.
Nouvelles stations radiotéléphoniques. 124.
Sur différents types de microphones en usage dans les stations d'émissions radiotéléphoniques. 142.
Principes généraux pour la détermination des caractéristiques d'un émetteur radiotélégraphique à lampes. 145.
Transmission radio-télégraphique des images animées. 147.
Service radiotélégraphique de la Perse. 147.
L'industrie de la radio-électricité. 157.
Exposés et discussions relatifs à la propagation des ondes électromagnétiques dans l'atmosphère. 166.
Une nouvelle lampe de T. S. F. à filament chauffé par rayonnement. 167.
Une nouvelle station polonaise de radiodiffusion. 168.
Nouvelle station américaine de radiodiffusion. 172.
Téléphonie transatlantique. 172.
Expériences récentes sur la télévision. 175.
Une nouvelle station de réception en Australie. 191.
Une nouvelle station de radiodiffusion dans l'état libre d'Irlande. 191.
Stations d'émission de grande puissance pour la Russie. 192.
Liaison à grande distance Nouvelle-Zélande-Afrique du Sud. 192.
Nouvelle station au Siam. 192.
Liaison Espagne-Argentine. 192.
Une nouvelle super-station en Suède. 192.
Influence du nombre des antennes de réception sur la propagation des ondes électromagnétiques. 192.
Radiotéléphonie sur ondes courtes en Hollande. 195.

Digitized by Google

Nouvelle station radiotéléphonique d'aviation en Angleterre. 218.
Importantes extensions radiotéléphoniques au Japon. 218.
Nouveaux postes radiotéléphoniques ou radiotélégraphiques. 218.
La production des courants de haute fréquence utilisés en T. S. F. 243.
La T. S. F. préhistorique, par Boitt-gy. *Suppl.* 45.
La liaison radiotélégraphique par ondes dirigées Angleterre-Australie. 267.
La transmission des messages radio-télégraphiques par le système anti-parasites Verdau-Carpentier. 273.
Transmission radiotéléphonique par rayons ultra-violets. 290.
Une lampe d'émission de 100 kilowatts. 290.
La réduction du nombre des stations d'émission radiophoniques américaines. 291.
Une liaison radiotélégraphique Guatemala-Centre-Amérique. 291.
Interférences entre stations d'émission à grande longueur d'onde. 291.
Les lampes valves à anode refroidies par circulation d'eau. 504.
Filtre thermo-ionique pour l'alimentation des récepteurs par courant alternatif. 511.
Nouveau procédé d'émission radiotéléphonique. 516.
Principe de la téléphonie sans fil. 536.
Radiotélégraphie en Bulgarie. 539.
La compagnie Marconi en Bolivie. 540.
Le rayonnement des antennes de T. S. F. 558.
Réception par cadre en radiotélégraphie et radiotéléphonie. 559.
La radiotéléphonie de diffusion. 562.
Les ondes courtes et la T. S. F. 563.
La répartition mondiale du commerce radioélectrique. 410.
Expériences sur ondes courtes. 410.
Télégraphie par courants porteurs au Canada. 410.
Téléphonie transatlantique Amérique - Hollande. 410.
Equipements radiotéléphoniques pour traversées aériennes transatlantiques. 411.
Dispositif de réception automatique des signaux d'alarme radioélectriques. 435.
Emission radiotélégraphique à grande vitesse. 536.
Nouvelle station radiotélégraphique Hongroise. 456.
La nouvelle station radiotélégraphique à grande puissance de Daventry. 456.
La mesure précise et exacte des longueurs d'onde dans les stations radiotélégraphiques d'émission. 447.
Détermination quantitative des qualités d'un récepteur radiotélégraphique. 463.
Téléphonie transatlantique Belgique-Amérique. 481.
Emission radiotéléphonique de 100 kw. 484.
Sur l'organisation d'un laboratoire industriel de télégraphie sans fil. 485.
Les haut-parleurs à pavillon et les haut-parleurs à cône. 505.
Une lampe de T. S. F. à sélection piézo-électrique. 507.
La station de radiophonie transatlantique de l'office britannique. 513.
Le quatrième salon de la T. S. F., par J. Morel. 540.
Le « Pick up » haut-parleur et enregistreur phonographique. 563.
Sur une anomalie des détecteurs à contact. 575.

Traction électrique.

Voy. Locomotion.

Transformateurs.

Transformateurs pour 110 000 volts. 11.
Un convertisseur de 4000 kw commandé à distance. 23.
Comment améliorer le rendement des installations fonctionnant à pleine charge. *Suppl.* 19.
Erratum. A propos des transformateurs à pertes réduites, par P. Torche. 120.
Transformateurs de 60 000 kv.-amp. munis d'un réglage de la puissance, pour la Philadelphia Electric Company. *Suppl.* 25.
Un nouveau redresseur de courant alternatif à principe électronique. 175.
Le rôle de transformateur de fréquence d'un induit à collecteur. 188.
Tranformateurs pour courants triphasés. 189.
Redresseur à vapeur de mercure pour courant continu à 8000 v. 195.
Refroidissement des transformateurs à huile. 195.
Le fonctionnement, en surchage, de transformateurs montés en série. 217.
Les installations de redresseurs de courant fonctionnant sans surveillance. 586.
Le redresseur à mercure tel que le voient les Américains. 590.
La mise en circuit des transformateurs sur les réseaux triphasés. 494.
Sur la détermination des réactances ou des transformateurs parcourus par du courant continu. 517.
Le refroidissement des grands redresseurs à vapeur de mercure. 551.

Transmission de l'énergie.

L'usine génératrice de Wallenpaupack et les lignes à 220 000 volts de la Pensylvania Power C°. 530.
Les lignes de transmission à 220 000 volts en Californie. 557.

Turbines.

La sécurité de fonctionnement des groupes générateurs. 97.
Turbo-générateurs et réfrigérants modernes. 170.
Nouveau record de puissance des turbines. 189.

Unités et terminologie.

Le National bureau of Standards de Washington. 169.
Kilowatt ou cheval-vapeur. 410.

Digitized by Google

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

N° 829 SUPPLÉMENT 10 Janvier 1927.

RENSEIGNEMENTS DIVERS

Le prix Nobel de Physique. — Nos lecteurs ont appris par les journaux quotidiens que l'académie royale de Suède vient de décerner les prix Nobel, qui s'élèvent chacun, cette année, à 118 000 couronnes, soit, au cours du change, à près d'un million. Parmi les lauréats, M. Perrin, professeur à la Sorbonne, reçoit le prix de physique. M. Perrin est né à Lille le 30 septembre 1870, c'est un des jeunes membres de l'Académie des sciences, à laquelle il appartient depuis le 11 juin 1923.

— Spécialisé dans les recherches de physique atomique et moléculaire, M. Perrin a publié, notamment, des travaux remarquables sur le mouvement brownien. Son premier traité de chimie physique qu'il a intitulé *Les Principes* et qui remonte à 1903, peut être considéré comme une savante introduction aux différentes sciences physiques. Son ouvrage *Les Atomes*, plus connu peut-être, est en quelque sorte la suite naturelle du premier. Son investigation s'applique plus particulièrement maintenant aux actions photolytiques et aux actions des radiations sur la matière.

Dans sa lutte pour désintégrer la matière, le professeur Perrin compte beaucoup sur l'électricité. On sait que c'est pour lui qu'a déjà été mise au point l'installation à courant continu sous un million de volts réalisée au moyen de tubes à vide. Mais ce n'est pas encore assez pour l'illustre physicien, qui réclame des électriciens encore quelques millions de volts pour essayer de démolir l'édifice atomique.

Les applications de l'électricité sur le réseau de l'Etat. — On trouve dans le compte d'administration des chemins de fer de l'Etat pour l'exercice 1925 les renseignements suivants sur les travaux effectués au cours de cet exercice pour l'extension de l'électrification de ce réseau.

En ce qui concerne la traction électrique sur les lignes de la banlieue parisienne, les travaux exécutés pendant le précédent exercice ont été complétés par les suivants : continuation des travaux de démolition du tunnel des Batignolles; achèvement du terminus électrique à Rueil ainsi qu'à Bécon-les-Bruyères sur les voies de la ligne de Saint-Germain; continuation des travaux du terminus de Saint-Cloud; continuation des travaux de suppression des passages à niveau entre Bécon-les-Bruyères et les Vallées; achèvement des travaux d'établissement des quais hauts dans dix gares de la ligne de Saint-Germain; achèvement des sous-stations électriques de Saint-Germain et de Chatou et des opérations de montage des sous-stations de Bellevue-Funiculaire et de Saint-Cloud-Parc; renforcement de la sous-station de Meudon-Val-Fleury; achèvement de la pose du rail électrique entre Bécon et Saint-Germain et continuation de cette pose entre Bécon et Versailles-Rive droite; achèvement de l'équipement électrique des voies de Bécon-les-Bruyères à Rueil; réception des premiers véhicules de la quatrième série destinés à l'exploitation des lignes de Saint-Germain et de Versailles-Rive droite.

La distribution de l'énergie électrique pour les installations d'éclairage et de manutention des gares de province a été poursuivie, notamment dans les gares de Dreux, Dieppe, Granville, Nantes, le Havre, La Rochelle, Rennes, etc.

En ce qui concerne l'éclairage des trains, la suppression de l'éclairage au gaz a été complètement réalisée au mois de novembre 1925. Conformément aux instructions ministérielles, l'éclairage des trains est maintenant assuré : par l'éclairage électrique sur la totalité des vagons de voyageurs entrant dans la composition des trains express et rapides, ainsi que dans les trains de banlieue : par l'éclairage à l'huile sur le matériel de deuxième catégorie utilisé sur les lignes d'embranchement.

Signalons encore l'application sur les locomotives d'appareils répétiteurs de signaux, avec prise de courant par crocodile. Sur 2560 locomotives qui devraient être, en premier lieu, munies de ces appareils, il ne restait plus à équiper au 31 décembre 1925, que 6 machines d'origine allemande; en juillet 1925 a été passé un marché pour la fabrication des appareils qui doivent équiper les 293 machines de route formant la deuxième tranche des applications à réaliser.

CHRONIQUE DES INSTALLATIONS

Ligne de transmission d'énergie électrique entre le Poët et Saint-Auban. — Le *Journal officiel* du 16 novembre 1926 publie, pages 12158-12163, le décret en date du 9 novembre 1926, approuvant la convention passée entre le ministre des Travaux publics, d'une part, et la Société des Forces motrices de la Durance, dont le siège est à Paris, 126, rue La Boétie, d'autre part, ainsi que le cahier des charges imposé à cette dernière pour la construction et l'exploitation d'une ligne de transmission d'énergie électrique destinée à relier l'usine hydroélectrique provisoire du Poët (département des Hautes-Alpes), appartenant à la société concessionnaire et l'usine projetée à titre définitif de Sisteron (département des Basses-Alpes), avec l'usine de Saint-Auban (département des Basses-Alpes), appartenant à la Compagnie de Produits chimiques et électrométallurgiques d'Alès, Froges et Camargue, et avec une des deux lignes partant de l'usine de Ventavon et aboutissant à l'usine de la Brillanne et qui appartiennent à la Société des Forces motrices de la Haute-Durance.

Une première ligne partira de l'usine hydroélectrique du Poët appartenant à la société concessionnaire et aboutira à

Digitized by Google

l'usine de Saint-Auban appartenant à la Compagnie de Produits chimiques et électrométallurgiques Alès, Froges et Camargue.

Une deuxième ligne partira de l'usine hydroélectrique du Poët et sera raccordée dans le voisinage de l'usine du Poët à une des lignes de la Société des Forces motrices de la Haute-Durance.

Elles traverseront la commune du Poët dans le département des Hautes-Alpes et les communes de Vaumeilh, de Valernes, de Sisteron, d'Entrepierres, de Salignac, de Pelpin, d'Aubignosc et de Château-Arnoux, dans le département des Basses-Alpes.

La ligne principale Le Poët-Saint-Auban comportera deux circuits triphasés, formés chacun de trois câbles en aluminium, dont chacun d'eux aura une section utile minimum de 88 mm² sur toute son étendue.

La ligne reliant l'usine du Poët à une des lignes de la Société des Forces motrices de la Haute-Durance comportera un seul circuit triphasé comprenant trois câbles en aluminium, dont chacun d'eux aura une section utile minimum de 88 mm² sur toute sa longueur.

La société concessionnaire aura d'ailleurs la faculté d'adopter en cours de travaux, sous réserve de l'accord du ministre des Travaux publics, tout autre dispositif donnant des garanties de sécurité et une puissance maximum transportable sur la ligne équivalente.

Il sera établi par la société concessionnaire trois postes de raccordement accolés aux postes de transformation des usines du Poët, de Sisteron et de Saint-Auban, et un quatrième poste de raccordement au point de jonction avec le réseau de la Société des Forces motrices de la Haute-Durance. Ces quatre postes feront partie de la concession; toutefois, le poste du Poët pourra être supprimé lors de la suppression de l'usine du Poët.

Le poste de transformation de l'usine de Sisteron fera partie de la concession. Dans le cas où l'usine du Poët serait maintenue à titre définitif, le poste de transformation de cette usine ferait aussi partie de la concession.

L'objet principal de l'entreprise est la transmission de l'énergie en provenance de l'usine hydroélectrique du Poët destinée aux fabrications électrochimiques (chlore, aluminium) de l'usine de Saint-Auban, appartenant à la Compagnie de Produits chimiques et électrométallurgiques d'Alès, Froges et Camargue, et l'échange d'énergie avec la Société d'Energie électrique du Littoral méditerranéen.

Société de Transport d'Energie électrique de l'Est. — Le *Journal officiel* du 16 novembre 1926, publie p. 12157-12158 le décret en date du 3 novembre 1926 approuvant l'avenant à la convention du 12 mars 1925, passé le 21 juillet 1926 entre le ministre des Travaux publics, d'une part, et la Société de Transport d'Energie électrique de l'Est, d'autre part, en vue de la modification des tarifs de péage fixés par l'article 6 du cahier des charges annexé à la convention précitée.

Le nouvel article 6, modifié par cet avenant qui aura effet à partir du 1er janvier 1927, est le suivant :

Les prix que le régisseur sera autorisé à percevoir à titre de péage, après homologation par le ministre des Travaux publics, le Comité d'Electricité entendu, ne peuvent dépasser les maxima suivants :

1° Pour l'usage de chaque kilomètre de ligne de transmission d'énergie électrique utilisée, et par chaque kilovolt-ampère-heure transmis et mesuré à son point de destination :

Ligne de transmission à 30 000 v, 0,0004 fr.
Ligne de transmission à 45 000 v, 0,0003 fr.
Ligne de transmission à 65 000 v, 0,0002 fr.
Ligne de transmission à 120 000 v, 0,00018 fr.
Avec minimum de :
10 km pour les lignes à 30 000 ou à 45 000 v ;
15 km pour les lignes à 65 000 v ;
Et 40 km pour les lignes à 120 000 v.
Avec minimum d'utilisation de 1500 h par an.

2° Pour l'usage de chaque poste de transformation utilisé et par chaque kilovolt-ampère-heure transmis et mesuré à son point de destination ;

Poste à 30 000 v ou 45 000 v, 0,0045 fr ;
Poste à 65 000 v, 0,0070 fr ;
Poste à 120 000 v, 0,0090 fr ;
Avec minimum d'utilisation de 1500 h par an.

Les tarifs d'application soumis par homologation au ministre des Travaux publics comporteront, par rapport aux tarifs maxima, des abaissements destinés à tenir compte de la situation des sinistrés des usines productrices ou des distributions publiques consommatrices et pourront comporter des abaissements variables suivant l'importance de l'utilisation des lignes.

Les tarifs maxima pourront être revisés tous les dix ans, suivant les résultats de l'exploitation, sur la demande du ministre des Travaux publics ou du régisseur, suivant les formes adoptées pour l'approbation du présent cahier des charges.

CHRONIQUE FINANCIÈRE

Établissements Paz et Silva. — Les comptes de l'exercice 1925-1926, qui ont été soumis à la prochaine assemblée ordinaire, se soldent par un bénéfice net de 954 366 fr contre 526 725 fr en 1924-1925. Le conseil propose de maintenir le dividende à 9 fr par action.

Les Exploitations électriques. — Les comptes de l'exercice 1925-1926 qui ont été soumis à l'assemblée ordinaire du 22 décembre 1926 se soldent par un bénéfice net de 2 024 756 fr, contre 1 943 060 fr.

Le conseil a proposé de maintenir le dividende des actions à 17,50 fr et de porter celui des parts de 29,795 fr à 33,675 fr.

Société Artésienne de Force et Lumière. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1925-1926 et fixé le dividende à 57,50 fr brut par action, sous déduction, pour les actions nouvelles, des intérêts statutaires non acquis.

Le rapport signale que, au 30 juin, la société desservait 54 293 abonnés à l'énergie électrique et 7563 abonnés au gaz. Elle avait vendu dans l'exercice 35 875 616 kw-h d'énergie électrique et 4 064 370 m³ de gaz.

Compagnie du Gaz et d'Électricité de Deville. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 22 novembre 1926, cette société, dont le siège est à Deville-lès-Rouen, 28, rue du Docteur-Emile-Bataille, va procéder à l'émission d'une première tranche de 4000 actions de 250 fr chacune devant porter le capital social à 2 500 000 fr. Ces actions seront émises au taux de 325 fr.

Compagnie d'Électricité de Béziers. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 22 novembre 1926, cette société, dont le siège est à Béziers, 12, rue Boïeldieu, va contracter un emprunt à concurrence de 3 millions de francs au moyen d'une émission qui aura lieu à l'époque et suivant les modalités que le conseil jugera con-

Digitized by Google

venables. Ces bons seront d'une valeur nominale de 500 fr chacun produisant un intérêt de 8 pour 100 nets de tous impôts présents et futurs à l'exception de la taxe de transmission ; ils seront remboursables au pair à partir du 1er décembre 1938, sauf remboursement anticipé que la société se réserve la faculté d'effectuer à partir du 1er décembre 1929 sous forme de rachat et bourse ou à l'amiable ou autrement.

Société Electrochimique de Mercus. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1925-1926 et fixé le dividende à 20 fr par action.

Société d'Applications industrielles. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1925-1926 se soldant par un bénéfice net de 5 726 012 fr, report antérieur compris.

Ce bénéfice a été réparti comme il suit : réserve légale, 253 452 fr ; dividende de 13 pour 100, 3 900 000 fr ; tantièmes statutaires, 331 558 fr ; réserve extraordinaire, 700 000 fr ; report à nouveau, 541 001 fr. Le dividende brut ressort à 13 fr par action, soit net 12,13 fr par action nominative et 10 fr par action au porteur.

Compagnie des Forces et Aciéries de la Marine et d'Homécourt. — L'assemblée ordinaire, qui a eu lieu le 22 novembre 1926, a approuvé les comptes de l'exercice 1925-1926 se soldant par un bénéfice net de 16 917 771 fr, auquel s'ajoute le report antérieur de 4 056 352 fr, soit un total à distribuer de 18 507 510,63 fr. Ce bénéfice, qui est en augmentation de 5 300 694,96 fr sur celui de l'exercice précédent, a été réparti comme il suit :

Réserve légale, 722,557,90 fr ; dividende de 35 fr par action, 7 777 777,77 fr ; réserve pour amortissements, 6 000 000 fr ; report à nouveau, 4 007 174,96 fr.

Le dividende sera mis en paiement par moitié le 30 novembre 1926 et le 31 mai 1927, sous retenue des impôts sur le titre et le revenu.

Société électrique des anciens Moulins de Gray. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 15 novembre 1926, cette société, dont le siège est à Gray, va procéder à l'émission de 250 actions de mille francs, libérables à la souscription.

Ces nouvelles actions seront émises jouissance 1er janvier 1927.

Compagnie de Distribution d'Energie électrique des Moulineaux. — Une assemblée extraordinaire, tenue récemment, a décidé de modifier ainsi qu'il suit le compte de profits et pertes au 31 décembre 1925 : bénéfices sur plus-value de portefeuille, 1 000 000 fr. Les résultats de l'exercice 1925 seront portés à 1 246 089 fr et le total du compte de profits et pertes sera porté à 1 484 371 fr. Le prélèvement pour le conseil d'administration est porté à 121 332 fr au lieu de 21 332 fr. Le report, à nouveau, est de 952 197 fr au lieu de 52 197 fr.

L'assemblée a décidé ensuite de fixer au 31 octobre la date de clôture de l'exercice social.

Enfin, le capital a été ramené de 1 500 000 fr à 200 000 fr. La somme de 1 300 000 fr correspondant à la réduction sera portée à un compte « Disponibilités provenant de la réduction du capital social ».

Les titres de 10 000 actions anciennes de 150 fr seront échangés contre 2000 actions nouvelles de 100 fr, à raison de une nouvelle contre cinq anciennes.

Compagnie lyonnaise d'Électricité. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 29 novembre 1926, cette société, dont le siège est à Lyon, 2, rue de la République, va augmenter son capital social comme il suit :

1° De 200 000 fr par application des fonds de réserves, au moyen de la création de 2000 actions nouvelles de 100 fr entièrement libérées, attribuées aux actionnaires à raison d'une action nouvelle pour six anciennes ;

2° De 600 000 fr contre espèces, par l'émission de 6000 actions nouvelles de 100 fr chacune, à libérer du quart à la souscription et pour le surplus aux époques que fixera le conseil d'administration, avec réserve de préférence aux actionnaires anciens pour la souscription dans la proportion des titres possédés par eux.

Compagnie de Fives-Lille. — L'assemblée ordinaire qui a eu lieu le 23 novembre 1926 a approuvé les comptes de l'exercice 1925-1926 faisant apparaître un bénéfice net de 15 670 273 fr, réparti comme il suit : réserve légale, 202 501 fr. Au solde s'ajoute le report antérieur de 208 306 fr, soit un total de 13 676 169 fr sur lequel il a été prélevé : 3 millions pour un dividende de 6 pour 100, 5 500 000 fr pour porter le dividende à 85 fr ; 15 pour 100 au conseil, 970 558 fr ; 4 millions de francs pour la réserve extraordinaire de prévoyance ; 3 millions de francs aux amortissements sur immeubles et outillage ; 1 million de francs à la provision en vue de l'aménagement et de la construction d'immeubles à Paris et à Givors ; 205 851 fr au report à nouveau.

Le dividende de 85 fr brut sera payé à partir du 15 décembre 1926.

Compagnie générale industrielle. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1925-1926, se soldant par un bénéfice de 4 249 178 fr.

Le dividende a été fixé à 12 fr par action entièrement libérée et à 7,50 fr par action libérée du quart.

Le rapport du conseil signale que la société a mis à feu dans des conditions satisfaisantes une nouvelle batterie de 30 fours et procédé à l'extinction définitive des derniers fours sans récupération de sous-produits. La nouvelle batterie donnera une production supérieure de 40 pour 100 à celle de la vieille batterie. L'augmentation réalisée n'a pas atteint ce chiffre en raison de la date de la mise en marche et du manque de fines. On a produit 131 900 t de coke, contre 135 000 l'an dernier. La fabrication du sulfate d'ammoniaque, du benzol et de la distillerie de goudron est satisfaisante.

Sud-Lumière. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales et obligatoires* du 22 novembre 1926, p. 805, cette société, dont le siège est à Paris, 52, rue de Lisbonne, va procéder à l'émission de 100 000 actions nouvelles de 100 fr chacune, dont : 20 000 actions de priorité à vote plural, nominatives, série B ; 76 000 actions de priorité, série A et 4000 actions ordinaires.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

Les machines asynchrones à champs tournants, à bagues et à collecteurs, par Richard Langlois. — Un vol. 16 cm × 25 cm., de 268 pages. — Prix : broché 38,50 fr. *Dunod, Editeur.*

L'auteur supposant acquises, les lois élémentaires de l'électromagnétisme familières à l'ingénieur et au physicien, établit la théorie des machines asynchrones dont le rôle est si important dans l'industrie moderne (en entendant par « machines asynchrones », toutes les machines qui peuvent fonctionner en dehors du synchronisme).

Il se propose de faire comprendre ces machines, c'est-à-dire de montrer comment l'on peut tirer déductivement des lois élémentaires les différentes circonstances du fonctionnement d'un agencement complexe artificiellement réalisé.

Dans une première partie, les lois de l'électromagnétisme sont exposées sous la forme appropriée aux machines à entrefer cylindrique et avec les notations les plus directes.

On remarquera en particulier la simplicité et souvent la nouveauté de l'exposition des notions : de champ tournant (reprise à son début), de coefficient cyclique d'induction polyphasé (en suivant les travaux de M. Blondel); de coefficient vectoriel de décalage dans l'espace (notion indispensable au calcul, exposée pour la première fois ici d'une façon systématique), de glissement (généralisée à toutes les machines à champ tournant).

L'auteur en arrive ainsi au moyen d'établir les équations d'une machine quelconque avec sécurité; il en donne de nombreux exemples. La certitude d'arriver à ce résultat en toute connaissance de cause après la lecture d'une centaine de pages suffirait à rendre cet ouvrage attrayant.

Les équations ainsi établies renferment toutes les circonstances possibles du fonctionnement : il reste à les en déduire. Alors le calculateur aura le moyen d'établir des machines économiques et rationnelles pour satisfaire aux conditions qui lui sont imposées; l'exploitant comprendra, quand il utilise une machine en dehors des conditions prévues, quelles sont les raisons de ce qu'il observe et les améliorations qu'il peut obtenir; et l'ingénieur-conseil saura les ressources possibles d'un matériel qu'il considère parfois avec méfiance, parce que compliqué et nouveau pour lui.

Dans une seconde partie, l'auteur, en se basant sur la théorie des diagrammes vectoriels de M. Ots-Chevalier, dont il reprend l'essentiel avec une grande clarté, montre que le diagramme de la machine, établi une fois pour toutes par une méthode uniforme, permet l'étude complète.

Il en donne des applications détaillées aux cas les plus intéressants, exemples qui permettront au lecteur que la question intéresse, de s'assimiler une méthode féconde et de contribuer ensuite par lui-même à l'avancement de cette branche importante de la technique électrique.

Digitized by Google

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

N° 830 SUPPLÉMENT 25 Janvier 1927.

RENSEIGNEMENTS DIVERS

Conférences sur les actualités scientifiques et industrielles. — Nous apprenons que le Conservatoire national des Arts et Métiers inaugure, en 1927, un enseignement temporaire et complémentaire d'actualités scientifiques et industrielles.

Ces études scientifiques et de haute technique, pour lesquelles il a été fait appel à des savants et à des spécialistes d'une compétence éprouvée, ont pour but de mettre en lumière les derniers progrès scientifiques et d'exposer les résultats pratiques qui en découlent. Elles comprennent des leçons sur la physique moderne et ses applications industrielles : sur les carburants ; sur l'éclairage ; sur les résines artificielles ; sur le graissage, etc. Les conférences seront publiques et auront lieu de janvier à avril 1927, à 17 h 30 dans l'amphithéâtre A du Conservatoire national des Arts et Métiers, 292, rue du Faubourg-Saint-Martin à Paris.

Le programme détaillé est le suivant :

I. — La physique moderne et ses applications industrielles.

Lundi 31 janvier. — Les lois physiques et les probabilités, par M. Émile Borel, membre de l'Institut, professeur à la Sorbonne.

Jeudi 3 février. — Le mouvement brownien, par M. Jean Perrin, membre de l'Institut, professeur à la Sorbonne.

Lundi 7 février. — Molécules et atomes, par M. Jean Perrin, membre de l'Institut, professeur à la Sorbonne.

Jeudi 10 février. — Conductibilité électrique des gaz. Etincelles électriques et autres formes de la décharge dans les gaz, par M. Eugène Bloch, professeur à la Sorbonne.

Lundi 14 février. — Rayons cathodiques. Electrons, par M. Léon Bloch, assistant à la Sorbonne.

Jeudi 17 février. — La lampe à trois électrodes et ses applications à la télégraphie sans fil, par M. Henri Abraham, professeur à la Sorbonne.

Lundi 21 février. — Rayons positifs. Isotopes. Loi de Proust. Protons, par M. Bauer, professeur à l'Université de Strasbourg.

Jeudi 24 février. — Radioactivité. Rayons α, β, γ, par Mme Pierre Curie, professeur à la Sorbonne.

Lundi 28 février. — Radioactivité. Rayons. α, β, γ, par Mme Irène Curie-Joliot, assistante à l'Institut du radium.

Jeudi 3 mars. — Structure de l'atome. Electrons planétaires, Noyau, par M. Francis Perrin, assistant à la Sorbonne,

Lundi 7 mars. — Quanta, Raies spectrales, par M. Léon Brillouin, docteur ès sciences, sous-directeur de laboratoire au Collège de France.

Jeudi 10 mars. — Les rayons X et les renseignements qu'ils apportent sur la structure des atomes et de la lumière, par M. Maurice de Broglie, membre de l'Institut.

La spectrographie des rayons X et γ, par M. Jean Thibaud, docteur ès sciences.

Lundi 14 mars. — Les rayons intermédiaires entre la lumière et les rayons X, par M. Holweck, chef de travaux à l'Institut du radium.

Jeudi 17 mars. — Le système spectral des Rayons Röntgen et ses rapports avec la structure électronique des éléments, par M. Dauvillier, docteur ès sciences.

Lundi 21 mars. — Les rayons X et leurs applications industrielles, par M. Jean Thillat, docteur ès sciences.

Samedi 26 mars. — Les découvertes récentes de la télégraphie sans fil, par M. le général Ferrié, membre de l'Institut.

Lundi 28 mars. — Atomes et étoiles, par M. Paul Langevin, professeur au Collège de France, directeur de l'École de Physique et Chimie de la Ville de Paris.

Jeudi 31 mars. — Atomes et étoiles, par M. Paul Langevin, professeur au Collège de France, directeur de l'École de Physique et Chimie de la Ville de Paris.

II. — Les carburants.

Mardi 1er février. — La catalyse, par M. Matignon, membre de l'Institut, professeur au Collège de France.

Mercredi 2 février. — Le charbon de bois, par M. Auclair, ingénieur à l'Office national des recherches scientifiques et industrielles et des Inventions.

Vendredi 4 février. — Comment se pose le problème de la synthèse des carburants, par M. Matignon, membre de l'Institut, professeur au Collège de France.

Mercredi 9 février. — La carbonisation de la houille à haute température. Son évolution, par M. Charles Berthelot, ingénieur-conseil.

Vendredi 11 février. — Les combustibles liquides, par M. Dumanois, ingénieur en chef de l'aéronautique, directeur du Service technique de l'Office national des Combustibles liquides.

III. — Les nouveaux procédés de l'éclairage.

Mercredi 16 février. — Les lois du rayonnement et leurs applications à l'éclairage, par M. Fabry, professeur à la Sorbonne et à l'École polytechnique.

Vendredi 18 février. — Les progrès des lampes à incandescence, par M. Fabry, professeur à la Sorbonne et à l'École polytechnique.

Mercredi 23 février. — Les unités et les méthodes photométriques, par M. Jouaust, sous-directeur du Laboratoire central d'Électricité.

Vendredi 25 février. — L'éclairage par les gaz lumineux, par M. Darmois, chargé de cours à la Sorbonne.

Mercredi 2 mars. — La distribution et la bonne utilisation de la lumière, par M. Darmois, chargé de cours à la Sorbonne.

IV. — Les résines artificielles.

Vendredi 4 mars et mercredi 9 mars, 2 conférences par M. René Dubrisay, ingénieur en chef des Manufactures de l'État.

Digitized by Google

V. — La technique moderne du graissage.

Par M. Jean Thillat, docteur ès sciences. — Vendredi 1er avril. — Théories récentes sur les phénomènes de graissage et applications pratiques.

Lundi 4 avril. — Les matières premières de graissage. Extraction. Propriétés.

Mercredi 6 avril. — Contrôle et essais des lubrifiants.

Mardi 7 avril. — Les divers modes de graissage. Emploi et choix de lubrifiants. Organisation en usines.

VI. — Les accidents du travail.

Vendredi 11 mars et samedi 19 mars, 2 conférences sur les dangers du courant électrique par M. Zimmern, professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.

VII. — La télévision et la transmission électrique de l'image.

Vendredi 18 mars, mercredi 23 mars et vendredi 25 mars, 3 conférences par M. Edouard Belin.

Compagnie d'Applications mécaniques. — *Necrologie.* — La Compagnie d'Applications mécaniques a été cruellement touchée, en moins de quatre mois, par le décès de deux de ses diirecteurs généraux adjoints.

Le 31 août, nous annoncions la mort de M. Pierre Hospitalier, et voici qu'aujourd'hui encore nous avons le regret d'annoncer celle de M. Marcel Noblet, Ingénieur des Arts et Manufactures.

Après un séjour dans l'industrie sucrière et s'être expatrié pendant quelques années, Marcel Noblet entra, en 1916, comme Directeur Commercial à la C. A. M., où il seconda Th. Hoffmann dans le développement et l'orientation moderne de cette Société. C'est comme directeur général adjoint que la maladie est venue surprendre cet infatigable et fidèle travailleur pour l'enlever, en quelques jours, à l'affection des siens et de ses collaborateurs.

Qu'il soit permis à ceux qui l'ont si souvent approché et apprécié ses grandes qualités, d'exprimer toute la peine que ressent la Compagnie d'Application mécanique de cette mort si prématurée.

Cours spéciaux d'éclairage. — La section des cours spéciaux d'éclairage de l'Ecole Supérieure d'Electricité commencera, 14, rue Straël, le lundi 14 février 1927. Pour tous renseignements, s'adresser soit au Secrétariat de la Société Française des Electriciens, 14, rue de Straël, soit à la Société pour le Perfectionnement de l'Eclairage, 134, boulevard Haussmann.

CHRONIQUE DES INSTALLATIONS

Décret déclarant d'utilité publique et concédant les travaux d'aménagement d'usine hydroélectrique à Halsou sur la Nive. — Le *Journal officiel* a donné le décret en date du 14 octobre 1926, approuvant la convention en date du 14 octobre 1926 passée entre le ministre des Travaux publics, d'une part et M. Larroulet, industriel, demeurant à Ustaritz (Basses-Pyrénées) d'autre part, ainsi que le cahier des charges imposé à ce dernier pour l'établissement et l'exploitation des ouvrages hydrauliques et de l'usine génératrice destinés à l'utilisation de la chute d'environ 4,60 m (en eaux moyennes) existant entre l'ancien barrage du moulin de Halsou ou Diesse et le pont de Larressore, livrant passage au chemin n° 50, commune de Halsou et Larressore, département des Basses-Pyrénées.

La présente concession englobe les moulins Diesse, sur la rive droite et Dihinx, sur la rive gauche, qui sont fondés en titre et auxquels l'usine se trouvera substituée.

La puissance maximum brute de la chute concédée est évaluée à 1550 kw, sur lesquels 1025 kw représentent la puissance supplémentaire procurée par les travaux nouveaux, ce qui correspond, compte tenu du rendement normal des appareils d'utilisation, à une puissance disponible de 845 kw, dont 625 kw correspondent à l'augmentation de puissance.

La puissance normale brute est évaluée à 1100 kw dont 775 kw représentent la puissance supplémentaire procurée par les travaux nouveaux, ce qui correspond de même à une puissance normale disponible de 685 kw, dont 465 kw correspondent à l'augmentation de puissance.

L'entreprise a pour objet principal la fourniture d'énergie aux services publics et au public dans la région du Sud-Ouest ainsi qu'aux établissements industriels exploités par le concessionnaire.

Le barrage sera placé immédiatement à l'aval de l'ancien barrage Diesse qui est fondé en titre comme existant à une date antérieure à 1566.

Le niveau normal de la retenue sera à la cote 12,35 m, c'est-à-dire à 0,25 m au-dessus de l'ancien niveau légal.

Le débit maximum emprunté sera de 30 m³ : sec, dont 18,8 m³ : sec correspondent à l'augmentation de puissance.

Le débit maintenu dans la rivière en aval de la prise d'eau ne devra pas être inférieur à 0,5 m³ : sec du 1er janvier au 30 septembre et à 1,8 m³ : sec du 1er octobre au 31 décembre.

Les eaux seront restituées à 80 m environ en amont du pont de Larressore.

Le barrage sera arasé à la cote 12,55 m sur toute sa longueur. Il se composera de deux parties distinctes : le tronçon barrant le bras gauche de la Nive sera établi normalement à l'axe du cours d'eau, en aval du barrage actuel, et sera muni d'organes de décharge mobiles dont le type, le nombre, les dimensions et les moyens de manœuvre permettront d'évacuer les crues dans des conditions de sécurité au moins aussi satisfaisantes qu'actuellement.

Le tronçon fermant le bras droit de la Nive sera construit dans une direction sensiblement parallèle à l'axe du canal d'amenée à son départ.

Il sera muni d'au moins deux vannes de désengravement ayant un débouché superficiel total d'au moins 14 m² et dont le seuil sera arasé à la cote 9,75 m au plus.

La prise d'eau sera située sur le bras droit du cours d'eau et sera directement accolée au barrage. Elle se composera d'au moins cinq pertuis dont chacun aura au moins 2,25 m de largeur et qui sera commandé par une vanne dont le seuil sera à la cote 10,55 m au moins. En amont de ces vannes seront disposées une avant-grille à gros barreaux espacés de 20 cm au moins et une passerelle de service. Pour le passage des embarcations, le panneau rive droite de la grille sera mobile autour d'un axe horizontal situé à sa partie inférieure et la vanne qu'il commande pourra être relevée jusqu'à ce que son bord inférieur atteigne au moins la cote 14,05 m.

Le canal d'amenée aura 950 m environ de longueur et une pente de 55 centièmes de millimètre par mètre. Son profil sera trapézoïdal. Il aura 9,50 m au moins de largeur au plafond avec 2 m au moins de profondeur d'eau. Il sera bétonné sur toute sa longueur.

Un déversoir de réglage de 20 m au moins de développement arasé à la cote 12,25 m sera disposé au droit de l'usine ainsi que des vannes de vidange et de nettoiement.

Le bâtiment de l'usine aura le plancher de la salle des alternateurs arasé à la cote 13,50 m au moins. L'équipement comprendra trois groupes turboalternateurs dont deux de

Digitized by Google

300 kv-a et le troisième de 450 kv-a de puissance.

Le canal de fuite aura 36 m environ de longueur, une largeur de 22,70 m au moins avec un radier à légère contrepente, se raccordant à son débouché avec le lit naturel de la Nive. Les talus qui l'encadrent seront recouverts d'un revêtement de béton.

Une écluse de navigation accolée à l'usine mettra en communication le canal d'amenée avec le canal de fuite; sa longueur, d'axe en axe des tourillons des portes, sera de 15 m et sa largeur entre bajoyers variera de 1,80 m entre les têtes à 2,50 m au milieu du sas. Le busc des têtes sera arasé à la cote 10,25 m.

Lignes de distribution publique d'énergie électrique. — *Calvados, Orne, Manche.* — La Société l'Union électrique de l'Ouest vient de demander la concession avec déclaration d'utilité publique d'une ligne de transmission d'énergie électrique allant de Caen à Saint-Lô et de Caen à Argentan en empruntant le territoire des départements du Calvados, de l'Orne et de la Manche.

Savoie et Isère. — La Société Savoie et Dauphiné a déposé récemment une demande de concession à l'effet d'établir et exploiter une distribution d'énergie électrique aux services publics entre Aoste-Saint-Brignoud et Saint-Bérond.

CHRONIQUE FINANCIÈRE

Société anonyme pour l'Équipement électrique des Véhicules. — L'assemblée ordinaire de cette société qui a eu lieu le 14 décembre 1926 a approuvé les comptes de l'exercice clos le 30 septembre dernier qui font ressortir un bénéfice net, amortissements normaux déduits, de 8 017 673 fr, contre 2 705 078 fr qui a été réparti comme suit : réserve légale, 152 383 fr; intérêt de 5 pour 100 aux actions, 600 000 fr; au conseil 229 529 fr; après addition du report antérieur s'élevant à 758 546 fr, il a été affecté 1 500 000 fr à la réserve de prévoyance; dividende supplémentaire de 5 pour 100, 600 000 fr; report à nouveau, 724 108 fr.

Le dividende total ressort ainsi à 50 fr brut; il sera mis en paiement à une date que fixera le conseil.

Compagnie d'Electricité de l'Ouest parisien (Ouest-Lumière). — Cette société, dont le siège est à Paris, 52, rue de Lisbonne, va procéder à l'émission de 160 000 actions « A » représentant une augmentation de capital de 16 000 000 fr réalisée par voie de prélèvement sur le compte « Primes d'émission des actions » suivant décision de l'assemblée générale extraordinaire des actionnaires du 23 décembre 1926, qui a décidé en même temps que ces 160 000 actions « A », créées jouissance du 1er janvier 1926, entièrement libérées, seraient distribuées gratuitement aux propriétaires des 840 000 actions nos 1 à 840 000, dites actions « B », à raison de 4 actions « A » pour 21 actions « B » présentées : les propriétaires d'actions « B » devant faire leur affaire personnelle du groupement de 21 actions « B » ou d'un multiple de ce nombre, aucune attribution d'actions « A » ne pouvant être faite pour moins de 21 actions « B ».

Tréfileries et laminoirs du Havre. — L'assemblée ordinaire qui a eu lieu le 14 décembre 1926, a approuvé les rapports et les comptes de l'exercice clos le 30 juin 1926, se soldant par un bénéfice net de 31 504 027 fr, auquel s'ajoute le reliquat de l'exercice précédent, soit 1 099 587 fr.

Sur la proposition du conseil, la répartition ci-après a été décidée : pour compléter la réserve légale à 9 millions de francs, 127 376 fr; amortissement général, 9 415 152 fr; premier dividende de 5 pour 100, 4 500 000 fr; tantièmes statutaires, 1 726 351 fr; deuxième dividende de 15 pour 100, 13 500 000 fr; report à nouveau, 5 156 754 fr.

Le dividende brut, fixé à 20 fr par action, est mis en paiement sous déduction des impôts depuis le 20 décembre courant, contre remise du coupon n° 29.

Société d'Énergie électrique de l'Auxois. — Cette société dont le siège est à Dijon, 8, boulevard Carnot, va porter son capital à 1 800 000 fr par l'émission de 1680 actions de 500 fr chacune à souscrire et à libérer en espèces, un quart en souscrivant et le solde aux époques et de la manière qui seront fixées par le conseil d'administration et par 920 actions attribuées en rémunération d'apports.

Compagnie de Distribution d'Énergie électrique des Moulineaux. — L'assemblée ordinaire du 23 décembre 1926 a approuvé les comptes de l'exercice clos le 31 octobre 1926, accusant un bénéfice net de 545 311 fr, auquel s'ajoute le report de l'exercice précédent, de 952 197 fr.

Non compris les répartitions faites en cours d'exercice, il a été décidé la distribution d'une somme brute de 250,68 fr à chacune des 2000 actions de jouissance composant le capital social.

Les disponibilités provenant de la réduction du capital permettent également une répartition de 650 fr par action. Chaque action nouvelle recevra donc net 775 fr.

Les actions anciennes, non encore échangées, toucheront le cinquième de cette somme, soit 155 fr.

Compagnie d'Électricité de la Côte-d'Or. — Les bénéfices de l'exercice au 30 juin 1926 se sont élevés à 171 005,97 fr. Ils ont permis la distribution d'un dividende de 5 pour 100 par action.

Actuellement la longueur des lignes à haute tension en service atteint 160 km pour desservir 34 communes, d'une population totale de 17 996 habitants. Au cours de l'exercice écoulé, le nombre d'abonnés est passé de 2414 à 2884.

Société des Forces motrices de la Vallée d'Aspe. — L'assemblée ordinaire qui a eu lieu le 15 décembre 1926 a approuvé les rapports et les comptes de l'exercice clos le 30 juin 1926, faisant apparaître un bénéfice net de 4 035 962 fr.

Le dividende brut a été fixé à 25 fr par action et 35,71 fr par part de fondateur. Ces dividendes seront mis en paiement, sous déduction des impôts.

Forces motrices de l'Ariège. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment sous la présidence de M. Rolland, a approuvé les comptes de l'exercice au 30 septembre dernier, faisant apparaître un bénéfice net de 1 167 195,46 fr.

Elle a décidé de distribuer un dividende de 26 fr par action et de reporter à nouveau 117 928,17 fr.

Société de Distribution rurale d'Énergie électrique. — Cette société dont le siège est à Ruffec (Charente) route nationale, va procéder à l'émission de 900 actions, catégories B, de 500 fr chacune et de 1600 obligations de 500 fr chacune rapportant un intérêt annuel de 7 pour 100, payable sous déduction des impôts, par coupon semestriel de 17,50 fr, les 1er janvier et les 1er juillet de chaque année.

Ces obligations seront émises au taux de 500 fr. Elles seront remboursables en vingt ans par voie de tirage au sort, à partir du 1er janvier 1937.

La société se réserve le droit de racheter et d'amortir, en tout ou partie, ces obligations par voie de rachat en Bourse ou autrement.

Digitized by Google

Société Novi. — Cette société anonyme nouvellement constituée a pour objet les constructions électriques en général et plus particulièrement la fabrication et la vente des magnétos et d'appareils destinés à l'allumage des moteurs à explosion, au démarrage et à l'éclairage électriques des véhicules. Le siège est à Pantin (Seine), 42, rue des Grilles. Le capital est de 500 000 fr, en actions de 500 fr, dont 400 d'apport.

Société Auxiliaire d'Entreprises Electriques et de Travaux Publics. — L'assemblée ordinaire, tenue le 17 décembre dernier, a approuvé les comptes de l'exercice 1925-26 se soldant par un bénéfice net de 707 448 fr. Le dividende a été fixé à 276,85 fr par action.

Le rapport du conseil signale que les travaux de l'usine thermique de Chardes ont été terminés dans le courant de l'année 1926 et que cette usine a été mise en service le 1er août 1926. Les travaux de l'usine hydroélectrique de Chardes seront terminés en janvier 1927. Toutefois l'usine a pu être mise en service, grâce à des dispositions provisoires, en décembre 1926.

Les travaux de l'usine du Baralet de la *Société des Forces Motrices de la Vallée d'Aspe* sont terminés et la mise en service de cette usine est escomptée pour le mois de mars prochain.

Sud Electrique. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1925-26, se soldant par un bénéfice net de 2 807 389 fr auquel vient s'ajouter le report antérieur, soit 702 172 fr. Ce bénéfice a été réparti comme suit : réserve légale, 140 369 fr ; dividende 10 pour 100, 2 millions ; tantièmes statutaires, 355 403 fr ; fonds d'amortissement des actions, 500 000 fr ; report à nouveau, 535 788 fr. Le dividende ressort à 25 fr brut, soit net 22,85 fr par action nominative et 19,55 fr par action au porteur.

L'assemblée a ratifié la nomination faite par le conseil, de M. Charles Aubert, en remplacement de M. Fernand Devise, administrateur, décédé, et réélu MM. Vincent Armand, Noël Desjoyeux et Albert de Richebourg, administrateurs sortants.

Le rapport du conseil signale que pendant le cours de l'exercice la société a acquis 14 concessions nouvelles : 6 dans le département du Gard, 5 dans celui de Vaucluse et 1 dans celui des Bouches-du-Rhône. Elle a mis en service 22 concessions : 16 dans le Gard, 6 dans Vaucluse. Les concessions acquises non exploitées à la fin de l'exercice, sont au nombre de 16 : 10 dans le Gard, 3 dans Vaucluse, 2 dans l'Hérault, 1 dans les Bouches-du-Rhône. Le nombre de concessions, en service au 30 juin 1926, était de 242 contre 220 au 30 juin 1925. D'autre part, le nombre des communes alimentées indirectement est passé à 29. Le nombre total des communes que la société alimente, directement ou indirectement, s'élevait au 30 juin 1926, à 271. La longueur des lignes primaires, comprenant des lignes à 3000, 15 000 et 50 000 v, est passée de 1498 à 1618 km, et celle des lignes secondaires de 569 à 630 km. L'ensemble des lignes appartenant à la Société est donc passé de 2067 à 2248 km. Avec les lignes à haute tension appartenant à la *Société des Forces Motrices de la Vis*, mais dont le *Sud-Electrique* assure l'exploitation, cette dernière société dispose actuellement de 2370 km de lignes.

BIBLIOGRAPHIE

Manuel de l'ingénieur-électricien, par Rziha et Seidner. — Deux vol. de 950 pages, chacun de 14 cm × 18 cm. — Prix : 150 fr. — *Ch. Béranger. Editeur.*

Cet ouvrage, qui tient à la fois du traité d'électrotechnique et du formulaire, contient une foule de renseignements utiles, son but est de servir de base aux travaux que l'ingénieur-électricien est appelé à faire, travaux qui nécessitent de connaître à la fois les données de la théorie et celles de l'expérience. Traduit de la sixième édition allemande, on y trouve des caractéristiques et des exemples de machines répondant aux prescriptions des règlements allemands ; mais comme ces règlements sont assez sévères, on peut prendre les chiffres indiqués comme base sans risque d'avoir un matériel trop juste comme cela arrive trop souvent dans les constructions de certains pays. Edité avec soin, ce livre rendra certainement de grands services à ceux qui cherchent.

Aide-mémoire du Radio-Club de France, par A. Givelet. — Un vol. de 200 pages relié. — *Edité par le Radio-Club de France.*

Comme son nom l'indique, cet ouvrage a pour but le rappel de certaines notions d'électrotechnique qui manquent malheureusement à beaucoup de sans-filistes que l'on voit journellement manier et parler des transformateurs, condensateurs sans qu'ils sachent exactement le rôle de ces appareils. De nombreux documents numériques complètent cet ouvrage, des schémas très clairs et un vocabulaire technique de la F.S.F. en 5 langues en rendront la vente d'autant plus facile qu'il y a davantage d'amateurs de téléphonie sans fil.

Digitized by Google

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

N° 831 SUPPLÉMENT 10 Février 1927.

RENSEIGNEMENTS DIVERS

L'ingénieur commercial : sa formation. — Chaque fois que les grandes écoles ouvrent leur porte de sortie et donnent l'essor à une promotion, tout chef d'entreprise reçoit de jeunes ingénieurs en quête d'une situation... *commerciale*.

Le raisonnement que font ces apprentis techniciens est simpliste. Ils ont entendu dire que les services techniques sont moins rémunérés que les commerciaux. Ils se rendent compte de ce que, malgré leurs connaissances scolaires, ils ont beaucoup à apprendre avant d'être un ingénieur vraiment formé. Ils savent que pour acquérir ce savoir, il leur faudra pendant plusieurs années revêtir la blouse du dessinateur, la cotte du mécanicien, le paletot de cuir et les jambières du chef de chantier. Et, conformément à la loi du moindre effort, ils préfèrent le métier commercial, réputé de gros rapport et facile.

Combien en avons-nous vu, démontés par notre réponse : « Monsieur, si nous étions sûrs que vous ayez les aptitudes, le goût et le caractère commerciaux, nous n'hésiterions pas à vous embaucher immédiatement et à faire les frais de votre formation... *technique*. »

Car la première qualité d'un ingénieur commercial, le point d'appui de ses capacités commerciales, c'est la technicité.

Prenons un exemple concret. Le représentant d'une maison de construction électrique apprend qu'un installateur, ou une société possédant un service d'installation, élabore un projet comportant : transformateurs, disjoncteurs, appareillage de projection, etc. Quelle est la personne à toucher pour placer ces différents articles? Evidemment, le chef de service des études, c'est-à-dire un ingénieur éprouvé, ayant la pratique du matériel construit par les maisons les plus qualifiées, possédant leurs catalogues, recevant leurs agents commerciaux. Perdra-t-il son temps à écouter un jeune homme, certes de présentation agréable, de grande culture générale, peut-être théoricien distingué, fin à éventer les affaires possibles, s'exprimant bien et négociateur habile, mais ne possédant pas de notions vraiment pratiques sur les caractéristiques comparées des matériels produits par les différents constructeurs, leur fabrication, leur installation, leur utilisation. D'une première question, le chef des études sondera le représentant et le congédiera rapidement avec une courtoisie évasive.

Qu'au contraire, il se trouve en présence d'un ingénieur commercial ayant utilisé, installé et fabriqué du matériel, et sur ces bases, se tenant bien au courant des progrès et des tendances de la technicité, parlant avec autorité du matériel qu'il présente, parce qu'il en parle avec connaissance, ce même chef lui accordera son attention. On ne lui offre pas uniquement des sourires commerciaux, on provoque une discussion documentée et sur un terrain qui lui est familier. On lui apporte peut-être une idée nouvelle, un détail inédit, une suggestion imprévue, une uniformisation opportune sur les projets d'autres installateurs. Et souvent, la conversation se poursuit devant la table à dessin.

Voilà des négociations habilement amorcées. Le terrain est prêt pour que la moisson y lève sous l'action des qualités commerciales de l'ingénieur représentant. Où le technicien a intéressé, le commerçant vraiment doué est bien près de réussir.

Nous en avons assez dit pour justifier ce mot d'un chef d'entreprise avisé, au sujet d'un ingénieur représentant une campagnie bien connue pour sa gamme d'acier spéciaux : « Avec lui, je ne cherche pas à tirer le dernier carat. Je n'y ai pas intérêt parce que, en revanche, je ne lui demande jamais en vain les renseignements techniques dont j'ai besoin ». (*L'action Industrielle et Commerciale* du 20 janvier 1927.)

Ecole supérieure d'Electricité

SECTION D'ÉCLAIRAGE

Organisée avec le concours de l'Institut d'Optique.

L'éclairage artificiel est un besoin primordial pour les peuples civilisés, et un besoin qui croît très rapidement avec leur degré de civilisation. Les sources lumineuses usuelles, sources à combustion ou sources électriques, ont fait des progrès considérables dans ces dernières années, et au début, on s'est hâté de profiter de ces progrès pour augmenter rapidement, et quelquefois un peu au hasard, l'éclairage demandé, sans se préoccuper suffisamment et de la meilleure utilisation de cet éclairage et de sa plus judicieuse répartition tant au point de vue esthétique qu'au point de vue hygiénique. Devant les nécessités économiques de l'heure actuelle qui, là comme partout, commencent à se faire vivement sentir et sont souvent contradictoires avec les exigences de plus en plus grandes du public, la nécessité d'une vaste étude d'ensemble a nettement apparu à tous ceux que préoccupent ces questions. La Société Française des Electriciens a pensé qu'à ce point de vue, un enseignement didactique et pratique de la Science et de l'Art de l'Eclairage rendrait les plus grands services à un grand nombre de personnes et encouragerait peut-être un certain nombre de jeunes ingénieurs à s'engager dans cette voie nouvelle et qui paraît devoir être féconde de l'ingénieur éclairagiste. Il semble, d'autre part, que beaucoup d'autres catégories d'auditeurs pourraient, sans se spécialiser aussi étroitement, s'intéresser à cet enseignement : tels sont les architectes, les installateurs, les ingénieurs des services techniques des grands immeubles, etc.

Le cadre éminemment souple de l'Ecole Supérieure d'Electricité qui, à côté de son enseignement normal, a déjà créé une section spéciale de radiotélégraphie dont le succès n'a cessé de s'affirmer et qui en projette d'autres analogues, a paru tout indiqué pour l'organisation du nouvel enseignement; d'autre part, une institution plus récente, l'Institut d'Optique, qui ne pouvait manquer de s'intéresser à ce projet, a bien voulu apporter un concours précieux pour certaines parties du programme.

Digitized by Google

Une première session d'enseignement, suivie par une cinquantaine d'élèves, a eu lieu en 1925, une quatrième session s'ouvrira à l'Ecole Supérieure d'Electricité le 14 *février* 1927, et se terminera vers le 15 mai.

Le programme comprendra :

1° Un enseignement oral de 25 à 30 leçons ;

2° Un enseignement pratique d'une quinzaine de séances.

1°. — Enseignement oral.

Le programme de l'enseignement oral est le suivant ;

Introduction générale; lois fondamentales de l'optique (réflexion, réfraction, diffusion, polarisation, etc.). Définition et emploi des longueurs d'onde (M. Janet).	2 leçons.
Physique de l'éclairage : corps noir, corps à rayonnement sélectif. Définition des grandeurs utilisées dans les problèmes d'éclairage, unités (M. Fabry).	4 —
Optique physiologique (Dr Couvreux).	3 —
Photométrie (M. Jouaust).	3 —
Principes généraux de l'éclairage, éclairage des espaces découverts et des espaces clos (M. Darmois).	4 —
Exemples particuliers d'éclairage des espaces clos (ateliers, écoles, magasins, etc.) (M. N.).	2 —
L'Arc électrique (M. M. Leblanc).	1 —
La Lampe à incandescence (M. Ayral).	1 —
Sources à combustion (M. Reclus).	2 —
Installations électriques (M. Jouvion).	1 —
Eclairage des trains (M. Lebaupin).	1 —
Phares et Projecteurs (M. J. Rey).	2 —
Etalons primaires de lumière (M. Fleury). . .	1 —
	27 leçons.

2°. — Enseignement pratique.

Etude sommaire d'un spectre; mesure des longueurs d'onde.

Photométrie. Spectrophotométrie.

Etude des principales sources; flux lumineux, répartition, etc.

Mesure des éclairements dans les espaces clos, influence de la nature et de la répartition des sources, de la nature des parois.

Mesure des éclairements dans les espaces découverts, rues, places, etc.

Etude d'un projecteur, d'un phare d'automobile, etc.

A la suite de cet enseignement, tant oral que pratique, un projet d'éclairage sera donné aux élèves qui, de plus, subiront un examen tant sur l'enseignement oral que sur l'enseignement pratique.

Comme sanction de ces diverses épreuves, il sera délivré un certificat ou un brevet.

Frais d'études.

Les frais d'études sont de 1 000 fr pour l'ensemble des cours et des travaux pratiques, et de 600 fr pour les cours seulement.

Inscriptions.

Les inscriptions sont reçues dès maintenant à l'Ecole Supérieure d'Electricité, 14, rue de Staël (15e).

Le nombre des inscriptions pour l'enseignement complet (cours et travaux pratiques) est limité.

CHRONIQUE DES INSTALLATIONS

Concours pour l'installation de l'éclairage électrique pour les services publics à Saint-Étienne. — Le maire de la ville de Saint-Étienne donne avis qu'un concours pour l'installation de l'éclairage électrique dans quatorze rues ou boulevards a été décidé par délibération du conseil municipal en date du 19 novembre 1926, approuvée par M. le préfet le 31 décembre 1926.

Les demandes en vue d'obtenir l'autorisation de concourir devront être adressées par pli recommandé à M. le maire de Saint-Étienne avant le 25 janvier 1927 au plus tard ; elles seront accompagnées de références portant sur des travaux analogues exécutés par les concurrents, et soumises à l'appréciation d'une commission spéciale.

Les concurrents agréés recevront les plans, programme et cahier des charges nécessaires à l'élaboration de leur projet et devront faire parvenir leurs propositions dans un délai de quarante jours à partir de la lettre d'envoi de ces pièces.

La commission précitée examinera et classera ensuite les projets reçus en tenant compte de tous les éléments à apprécier pour le choix à faire sans qu'il soit indispensable que la soumission choisie présente le meilleur marché.

Distribution d'énergie électrique aux services publics dans les Départements de la Manche et d'Ille-et-Vilaine. — Le *Journal officiel* du 11 décembre 1926 publie la convention passée entre le ministre des Travaux publics, d'une part, et la Société des Forces motrices de la Sélune, dont le siège est à Avranche, 11, place d'Estouteville, d'autre part, ainsi que le cahier des charges imposé à cette dernière pour la distribution de l'énergie électrique :

1° Aux services publics organisés en vue des transports en commun, de l'éclairage public ou privé ou de la fourniture de l'énergie aux particuliers;

2° Aux services publics organisés en vue de l'alimentation en énergie des services publics énumérés au paragraphe précédent, au moyen d'ouvrages et de canalisations exécutés dans la zone s'étendant sur une partie des départements de la Manche et de l'Ille-et-Vilaine.

La concession ne fait pas obstacle à ce que, dans la même zone, des permissions de voirie ou d'autres concessions soient accordées dans les conditions de la loi du 15 juin 1906.

Le courant alternatif sera distribué par une ligne triphasée.

Le concessionnaire aura la faculté de produire lui-même le courant ou de l'acheter à un autre producteur.

L'énergie sera produite par l'usine thermique installée à la station centrale de la Roche-qui-Boit, appartenant au concessionnaire.

La tension du courant, mesurée aux points d'utilisation en service normal, sera de 30 000 v, avec une tolérance de 5 pour 100 en plus ou en moins.

La fréquence du courant distribué en service normal est fixée à 50 per : sec, avec une tolérance de 5 pour 100 en plus ou en moins.

Digitized by Google

CHRONIQUE FINANCIÈRE

L'Union Electrique. — L'assemblée ordinaire de cette société a approuvé les comptes de l'exercice 1925-26 se soldant par un bénéfice net de 39 587,13 fr. En y ajoutant le reliquat des exercices antérieurs, le solde bénéficiaire total ressort à 299 633,07 fr. Après attribution de 5 pour 100 à la réserve légale, une somme de 297 663,72 fr a été reportée à nouveau.

Electricité de Lille et de sa banlieue. — La première assemblée constitutive de cette société, filiale de la *Compagnie des Tramways Electriques de Lille et de sa banlieue*, s'est tenue hier, à Lille. Une seconde assemblée a été convoquée pour le 21 décembre, à l'effet de rendre sa constitution définitive. La *Compagnie des Tramways Electriques de Lille et de sa banlieue* a fait apport à la nouvelle société de l'usine centrale d'électricité.

Compagnie Générale d'Entreprises Electriques. — Une assemblée extraordinaire, tenue récemment, a décidé de porter le capital de 8 à 12 millions par l'émission de 8000 actions de 500 fr qui porteront jouissance à partir du 1er avril 1927, et qui seront émises à 525 fr. Elle a également autorisé le conseil à contracter un emprunt jusqu'à concurrence de 8 millions par l'émission de 16 000 bons de 500 fr.

Société d'Applications Industrielles. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment sous la présidence de M. René Robard, président du conseil d'administration, a approuvé les comptes de l'exercice 1925-1926 se soldant par un bénéfice net de 5 726 012 fr, report antérieur compris. Ce bénéfice a été réparti comme suit : réserve légale, 253 452 fr ; dividende, 13 pour 100, 3 900 000 fr; tantièmes statutaires, 331 558 fr; réserve extraordinaire, 700 000 fr; report à nouveau, 511 001 fr. Le dividende brut ressort à 13 fr par action nominative et 10 fr par action au porteur.

MM. Alexandre Giros, Robert Hecker et Henri Macaux, administrateurs sortants, ont été réélus. Le rapport passe en revue la situation des sociétés dans lesquelles la *Société d'Applications industrielles* a des participations. Il signale notamment que la *Société des Forces Motrices de la Loue* vient de conclure des accords avec une entreprise de production d'énergie thermique, ce qui lui permettra d'utiliser dans les meilleures conditions possibles son usine de Mouthiers sur la Loue. D'autre part, la *Société d'Electricité de Caen*, dont le réseau de distribution s'étend sur une partie du département du Calvados, vient de conclure avec la *Société de Distribution d'Electricité de l'Ouest* et la *Société Gaz et Eaux*, qui alimentent les départements de l'Orne et de la Manche, une entente ayant pour but de centraliser la production d'énergie nécessaire aux trois départements dans l'usine de la *Société d'Electricité de Caen* qui a été construite sur le bord du canal de Caen à la mer. Dans ce but, cette usine a été cédée à une nouvelle entreprise, l'*Union Electrique de l'Ouest*, créée par les trois sociétés et dans laquelle la *Société d'Electricité* a d'ailleurs pris également une participation. L'*Union Electrique de l'Ouest* a immédiatement entrepris les travaux nécessaires pour augmenter l'usine de Caen d'une unité de 12 000 kw et pour construire les lignes à haute tension destinées à alimenter les deux départements de l'Orne et de la Manche.

Société Electro-Gaz. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 27 décembre 1926, cette société en formation dont le siège est à Paris, 89, boulevard Haussmann, a pour objet toutes opérations de toute nature : industrielles, commerciales, mobilières, immobilières ou financières se rapportant au gaz naturel ou artificiel, à l'électricité et à toute autre forme d'énergie à leur production, leur vente et à leur emploi, soit directement, soit indirectement et notamment :

L'acquisition, la construction, la prise à bail, la vente et l'échange de tous immeubles, usines, magasins et ateliers ;

L'achat, la vente et l'exploitation de tous fonds de commerce ou industrie ;

L'obtention, l'acquisition et la cession de tous brevets d'invention, licences, marques de commerce ;

L'obtention de toutes concessions ;

La participation directe ou indirecte à toutes entreprises ou opérations financières, industrielles, commerciales, mobilières ou immobilières, existantes ou à créer se rattachant directement ou indirectement à l'objet de la société par voie de création de sociétés nouvelles, d'apports, souscription ou achats de titres ou droits sociaux, fusion, association en participation, prise d'intérêts ou autrement;

Et généralement toutes opérations financières, industrielles, commerciales, mobilières et immobilières se rattachant directement ou indirectement aux objets ci-dessus.

Le capital est de 25 millions de francs, divisé en 50 000 actions de 500 fr chacune, dont 45 000 actions catégories A et 5000 actions catégories B à souscrire en numéraire.

Les actions B sont obligatoirement nominatives. Elles doivent appartenir jusqu'à concurrence de 55 pour 100 au moins à des citoyens français ou à des sociétés dont tous les associés en nom doivent être Français, s'il s'agit de sociétés en nom collectif ou en commandite ou dont les deux tiers au moins des administrateurs doivent être Français, s'il s'agit de sociétés anonymes.

Société de Construction et d'Appareillage électrique. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 20 décembre 1926, cette société en formation, dont le siège social provisoire est à Paris, 29, rue Tronchet, a pour objet la fabrication, l'achat, la vente, l'échange, la location, la réparation de tous articles pouvant se rattacher à l'industrie de l'automobile et des cycles et notamment d'avertisseurs électriques. Généralement toutes opérations mobilières, immobilières, commerciales et industrielles ou financières se rattachant directement ou indirectement à l'objet social.

MM. Grelet et Lhomet, fondateurs, font apport d'un procédé de fabrication d'appareil avertisseur électrique, ainsi que le bénéfice de tous brevets et dépôts de marque qui pourraient être pris ou déposés.

En représentation de cet apport, il est attribué à chacun d'eux : 200 actions de 520 fr entièrement libérées de la société, dites actions A.

En outre, en représentation de leurs démarches et des concours qu'ils se sont acquis, il leur est attribué 5000 parts de fondateurs.

Le capital est de 4 millions de francs, divisé en 8000 actions de 500 fr chacune, dont 400 dites actions A, ayant droit à 5 voix dans les assemblées générales, sont attribuées aux fondateurs en représentation de leur apport et 7600 dites actions B, ayant droit à une voix dans les assemblées générales, à souscrire en espèces et à libérer d'au moins un quart à la souscription, le surplus aux époques déterminées par le conseil d'administration.

Le conseil est autorisé à augmenter le capital social à concurrence de 2 millions de francs, pour porter le capital à 6 millions de francs.

Compagnie générale française et continentale d'Éclairage. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonce*

Digitized by Google

légales obligatoires du 20 décembre 1926, cette société, dont le siège est à Paris, 11, rue de la Tour-des-Dames, va procéder à la création de 8000 bons de 500 fr de valeur nominale, rapportant un intérêt annuel de 9 pour 100 payable par moitié les 1er janvier et 1er juillet de chaque année.

Le payement des coupons et le remboursement des titres sont effectués nets de tous impôts présents et futurs, à l'exception des droits de transmission, de transfert et de conversion.

L'amortissement aura lieu en dix ans à partir du 1er janvier 1932, soit au pair, par voie de tirages au sort annuels, conformément à un tableau d'amortissement inscrit sur les titres, soit par voie de rachats en bourse au-dessous du pair, compte tenu de la fraction courue du coupon, en épuisant chaque année la totalité de l'annuité prévue pour le service de l'emprunt. Le premier remboursement aura lieu le 1er janvier 1933 et le dernier le 1er janvier 1942.

Compagnie générale d'Entreprises électriques. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 20 décembre 1926, cette société, dont le siège social est à Paris, 16, rue de la Baume, va procéder à l'émission de 16 000 bons de 500 fr, productifs d'un intérêt annuel de 8 pour 100, payable par semestre, net d'impôts français présents et futurs, à l'exception de la taxe annuelle de transmission et des droits de transfert et de conversion. Ces bons seront amortissables dans un délai maximum de quinze ans, à partir de la première année, soit au pair par tirages au sort annuels, conformément au tableau d'amortissement qui sera inscrit au dos des titres, soit par rachats en bourse au-dessous du pair.

La société se réserve la faculté d'amortissement anticipé à partir de la troisième année.

Société anonyme électrique de Voyenne. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 27 décembre 1926, cette société dont le siège est à Voyenne (Aisne), va porter son capital social de 1 million à 2 200 000 fr, par l'émission de 2400 actions nouvelles de 500 fr chacune, lesquelles actions seront émises avec une prime de 50 fr par titre, le tout payable à la souscription.

Compagnie générale d'Electricité. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1925-1926 se soldant par un bénéfice net de 15 852 224 fr, auquel vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 1 211 248 fr.

Ce bénéfice a été réparti comme il suit : réserve générale, 1 843 500 fr; réserve légale, 700 456 fr; au conseil d'administration, 665 414 fr; dividende aux actions, 12 millions 600 000 fr; report à nouveau, 1 254 122 fr.

Le dividende ressort à 70 fr par action.

Établissements Gaiffe-Gallot et Pilon. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, du 20 décembre 1926, cette société, dont le siège est à Paris, 23, rue Casimir-Perier, va procéder à la réalisation d'une première augmentation de capital de 4 millions de francs, par la création de 8000 actions nouvelles, au capital nominal de 500 fr chacune, pour porter le capital social à 12 millions de francs.

Ces 8000 actions nouvelles seront émises contre espèces, au taux de 512,50 fr l'une, soit avec une prime de 12,50 fr par action, payable : le premier quart du montant nominal, soit 125 fr et la prime de 12,50 fr, au total 137,50 fr par action, en souscrivant, et les trois autres quarts du montant nominal, ou 375 fr, sur appels ultérieurs du conseil d'administration.

Lesdites actions seront créées jouissance du 1er janvier 1927 et seront, par suite, assimilées aux actions anciennes, après que ces dernières auront perçu le dividende qui leur sera attribué pour l'exercice 1926; elles seront soumises à toutes les dispositions des statuts.

Énergie électrique Alpine. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 20 décembre 1926, cette société, dont le siège est à Gap, 24, rue Carnot, va procéder à l'émission de 4000 bons sexennaux de 500 fr, représentant une somme de 2 millions de francs.

Lesdits bons, auxquels n'est attachée aucune garantie spéciale, sont émis au pair. Ils sont payables en totalité à la souscription. Ils produiront un intérêt annuel de 7,5 pour 100 net d'impôts sur les revenus actuels et futurs, payable par semestre, les 1er août et 1er février de chaque année. Le premier coupon sera payable le 1er août 1927.

Ils sont remboursables au pair dans un délai de six ans, par voie de tirage au sort, la moitié au terme de la cinquième année et l'autre moitié d'office au terme de la sixième année.

La société ne s'est pas réservé de procéder à des remboursements anticipés.

Éclairage électrique de Cannes. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 20 décembre 1926, cette société, dont le siège est à Lyon, 12, rue de la République, va porter son capital de 3 330 000 fr à 4 440 000 fr au moyen de l'émission de 6000 actions nouvelles de 185 fr chacune. Ces 6000 actions seront émises contre espèces, au prix de 195 fr, soit avec une prime de 10 fr. Les souscripteurs devront, en souscrivant, effectuer le versement d'un quart du montant des actions et de la totalité de la prime, soit 56,25 fr par action. Le versement des autres quarts sera effectué ultérieurement sur appels du conseil d'administration.

L'Energie industrielle. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 17 janvier 1927, cette société dont le siège est à Paris, 94, rue Saint-Lazare, va procéder à l'émission de 50 000 actions de 100 fr, dites actions « B », différant des actions actuellement existantes, dites actions « A » :

1° Par leur forme et leur transmissibilité, les actions « B » étant exclusivement nominatives et ne pouvant être transmises qu'avec l'agrément du conseil d'administration qui profite d'un droit de préemption à des conditions déterminées;

2° Par le droit de vote dans les assemblées qui est, toutes les fois que la loi le permet, dix fois plus élevé pour les actions « B » que pour les actions « A »;

3° Par leur mode de rémunération, les actions « B » n'ayant droit, dans la répartition du dividende supplémentaire, dans celle des bonis de liquidation ou celle des réserves, qu'à une part égale à la moitié de celle attribuée à chaque action « A ».

Digitized by Google

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

N° 832 SUPPLÉMENT 25 Février 1927.

RENSEIGNEMENTS DIVERS

La téléphonie sans fil entre Londres et New-York. — Le service radiotéléphonique public entre Londres et New-York inauguré dernièrement et décrit ici même n'est pas sans présenter quelques difficultés ou inconvénients.

« Le premier moment d'enthousiasme passé, on commence à déchanter à Londres sur le compte de la téléphonie sans fil transatlantique. Les clients trouvent que 600 fr la minute, avec un minimum de 1800 fr pour une simple conversation, c'est vraiment cher. Le service, de plus, est trop incertain, trop lié aux variations de l'atmosphère. Demander une communication pour 14 heures et la recevoir à 17, quand on la reçoit, cela met beaucoup d'aléa dans les affaires. Chose plus grave, le secret des conversations, que l'administration des postes avait prétendu assurer dans une certaine mesure, est loin d'être obtenu. En effet, on signale de Johannesburg, d'Australie, que l'on a pu suivre les conversations avec la plus grande facilité.

« Un journal américain a reproduit une page entière de messages captés par un de ses opérateurs. A Londres, un amateur n'a besoin pour entendre les émissions de cette ville que d'un appareil de bonne construction à 3 ou 4 lampes et de bobines correspondant à une longueur d'onde de 5500 à 6000 mètres. »

Réparation du pont de Suresnes au moyen de l'arc électrique. — Ce beau pont, construit en 1874, comporte trois arches de 44, 52 et 44 m d'ouverture. Chaque arche se compose de cinq arcs en fonte, sur lesquels sont boulonnés de grands cadres, qui portent la chaussée.

Récemment un lourd chaland qui descendait le fleuve vint heurter l'arc extérieur près de la rive gauche. Le choc fit sauter un énorme morceau de l'arc, de plus de 3 m de longueur, et causa de nombreuses fissures dans la structure alentour. Le problème de la réparation du pont rendit d'abord les ingénieurs perplexes.

Les moyens ordinaires : remise du pont sur cintre pour l'étayer, enlèvement et remplacement des parties avariées, devait être coûteux; la simple construction d'un cintre en travers du fleuve aurait coûté plusieurs centaines de mille francs, et naturellement interrompu la navigation sous l'arche considérée la plus passante.

On pensa un moment faire la réparation en mariant la fonte au béton armé; on aurait emprisonné toutes les parties avariées dans des renforcements de béton solidement armé; mais une telle solution aurait évidemment été peu esthétique et aurait modifié d'une façon fâcheuse l'aspect d'une partie du pont.

On y renonça, et l'on adopta, sur l'avis d'un ingénieur des Ponts et Chaussées, M. de Boulongne, le principe de la réparation par soudure qu'il avait déjà appliqué au renforcement du pont de la Voulte, sur le Rhône. La soudure électrique, lorsqu'elle est faite avec soin, permet de réunir peu à peu les deux bords d'une fissure sans provoquer d'échauffement étendu, qui serait préjudiciable à la qualité du métal. C'est ce procédé qui a été mis en œuvre par la Société d'études pour la construction et la réparation des ouvrages métalliques.

On refit un morceau de voussoir en fonte aussi identique que possible à la partie disparue, et on la souda à l'arc électrique sur la partie restante du voussoir. Puis on souda de même toutes les fissures sur le voussoir et sur les pièces des cadres. Toutes les soudures ont été faites sur les deux faces des pièces, puis meulées sur la face extérieure, pour faire disparaître les traces de la soudure.

Pour plus de sécurité, on décida de renforcer le voussoir après la soudure, par trois plaques d'acier s'étendant sur toute sa longueur. Ces plaques ont été elles-mêmes soudées électriquement contre le voussoir. Elles renforcent sensiblement le pont, sans en changer l'aspect, et doivent lui permettre de résister victorieusement aux chocs. Un nouvel accident a permis d'ailleurs de le vérifier peu après la réfection de l'ouvrage. Un gros chaland est encore venu heurter l'arche, décidément bien exposée; mais, cette fois, c'est la superstructure du bateau qui a été démolie, tandis que le voussoir a fort bien résisté.

(Sciences et Voyages.)

L'électrisation des fils dans les filatures. — Dans les filatures et dans les tissages de coton ou plus particulièrement de laine et de soie, la préparation et l'étirage de la matière ont pour effet de produire une certaine électrisation des fils. Il en résulte que les fibres divergent, se détachent et tombent par terre, produisant un déchet fort appréciable dans les grandes fabriques. D'autre part, le fil est, de ce fait, de grosseur irrégulière, sa qualité est moindre, et, au moment du tissage, il se produit des ruptures fréquentes qui obligent les ouvrières chargées de rattacher les fils brisés à un travail très astreignant.

Comme cette électrisation se produit par suite du frottement, elle est difficile à empêcher. On peut y remédier cependant par divers procédés. Autrefois, on s'arrangeait pour saturer d'humidité l'atmosphère des ateliers, dont les fenêtres étaient maintenues hermétiquement closes : mais la santé des ouvrières s'en ressentait gravement. On avait aussi essayé d'annuler la charge ainsi créée par d'autres charges de sens contraire produites par des bobines des machines électrostatiques; mais le personnel se plaignait de recevoir des décharges désagréables.

On a fini par recourir à un système de courants à haute fréquence, absolument inoffensifs, qui sont distribués par des conducteurs aériens. Cette solution a été appliquée primitivement à l'usine de Fourmies, où toutes les fenêtres étaient laissées grandes ouvertes.

Un autre système a été adopté dans des tissages de soieries : la saturation par la vapeur d'eau y avait été remplacée par des récipients, placés près de chaque métier, contenant une

Digitized by Google

solution faible d'un sel de radium : les charges d'électricité issues du radium suffisaient à neutraliser celles provenant du frottement des fils des écheveaux.

Aux États-Unis, où les filatures de coton éprouvent pendant la saison chaude des inconvénients marqués, du fait de cette électrisation, on a maintenant recours à un autre procédé qui paraît facile à mettre en œuvre ; il consiste à pulvériser sur le coton à filer une certaine quantité d'une huile appropriée ; les fibres retrouvent ainsi une proportion de corps gras suffisante pour s'opposer au développement de toute charge statique, et si les pulvérisateurs sont bien réglés et répandent l'huile assez régulièrement pour qu'aucune fibre ne soit trop chargée, qu'aucune ne reste sèche, on obtient un fil beaucoup plus régulier et plus souple que par tout autre moyen. (*L'Electricité pour tous.*)

CHRONIQUE FINANCIÈRE

Compagnie hydroélectrique d'Auvergne. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 3 janvier 1927, cette société dont le siège est à Lyon, 13, rue Grolée, va procéder à une augmentation de capital de 1 600 000 fr, par l'émission contre espèces, au taux de 116 fr de 16 000 actions de 100 fr, à libérer intégralement lors de leur souscription définitive et devant porter jouissance pour l'exercice 1927, commençant le 1er janvier 1927.

Ces actions nouvelles seront dites de catégorie B; elles diffèrent des actions actuelles, dites actions A (dont 6 700 A de priorité et 93 300 A ordinaires) essentiellement. savoir : par le montant de la valeur nominale (actions A de 500 fr et actions B de 100 fr); par la forme et la transmissibilité (actions A nominatives ou au porteur après entière libération et librement cessibles et transmissibles, actions B exclusivement nominatives, même après libération et ne pouvant être cédées ou transmises entre vifs ou par décès, même entre actionnaires B, qu'avec l'agrément du conseil d'administration qui profite d'un droit de préemption à des conditions définies; par les voix à certaines assemblées : autant de voix que de fois dix actions A, et autant de voix que de fois deux actions B, sans limitation, sauf en assemblée à forme constitutive où le vote est réglé avec une voix par dix actions A et une voix par deux actions B (tout actionnaire ayant au moins une voix), le tout, avec maximum de dix voix, et, sauf en assemblée extraordinaire modificative, où le vote est réglé conformément à la loi; et par les droits dans les répartitions ci-après indiquées de bénéfices annuels et de liquidation, ainsi que dans le remboursement de la valeur nominale.

Entreprises électriques du Centre. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales et obligatoires* du 3 janvier 1927, cette société, dont le siège est à Montceau-les-Mines, rue de la République, va procéder à l'émission de 500 nouvelles obligations d'une valeur nominale de 600 fr, à émettre au pair, avec intérêts au taux de 7 pour 100, payables les 15 janvier et 15 juillet de chaque années, nets de tous impôts autres que la taxe de transmission et remboursables en quinze années à partir du 15 juillet 1932.

Compagnie d'Electricité de la Côte-d'Or. — Récemment tenue, l'assemblée ordinaire a approuvé les comptes de l'exercice 1925-1926 se soldant, après amortissements, par un bénéfice net de 50 319 fr, report antérieur de 6 842 fr non compris, Le dividende a été fixé à 25 fr par action entièrement libérée et à 6,25 fr par action libérée du quart.

Compagnie de Distribution d'Energie électrique des Moulineaux. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice clos le 31 octobre 1926 qui ne comporte, conformément aux décisions de l'assemblée extraordinaire du 15 novembre, que dix mois d'exploitation.

Le bénéfice net ressort à 545 311 fr auquel vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 952 197 fr. et un prélèvement de 130 000 fr opéré sur la réserve légale.

Après déduction des tantièmes au conseil et des sommes employées par anticipation en août 1926, tant au remboursement du solde du capital qu'à un acompte de dividende, l'assemblée a décidé de répartir une somme globale de 461 560 fr représentant 230,68 fr par titre, aux 2 000 actions de jouissance, et de reporter à nouveau une somme de 7 709,09 fr.

L'assemblée a décidé, en outre, d'employer à une répartition supplémentaire de 650 fr brut par action les disponibilités résultant de la réduction du capital de 1 300 000 fr votée par l'assemblée extraordinaire du 15 novembre.

Société d'Electricité pour la Lumière et la Force. — L'assemblée ordinaire, tenue le 11 décembre 1926, a approuvé les comptes de l'exercice 1925-1926 se soldant par un bénéfice net de 247 671 fr, qui a été réparti comme il suit : réserve légale, 12 383 fr; 6 pour 100 aux actions, 45 000 fr; au conseil, 28 543 fr; 4 pour 100 aux actions, 30 000 fr; réserve de prévoyance, 30 000 fr. Le dividende ressort à 10 pour 100.

Société industrielle. Réunion des Sociétés. Instruments de Précision et Dynamo-Phare Eyquem. — Cette société, mise en faillite en avril 1925, avait pour objet la fabrication, l'achat, la vente et l'exploitation de tout matériel mécanique et électrique. M. Coutant, syndic provisoire à Paris, 19, rue Mazarine, procède actuellement à la répartition d'un dividende unique de 9,36 pour 100.

Rappelons que cette société était au capital de 4 millions de francs et que son siège était à Paris, 80, boulevard Jourdan.

Société auxiliaire d'Entreprises électriques et de Travaux publics. — L'assemblée ordinaire, tenue le 17 décembre 1926, a approuvé les comptes de l'exercice 1925-1926 se soldant par un bénéfice net de 707 448 fr. Le dividende a été fixé à 276,83 fr par action.

Le rapport du conseil signale que les travaux de l'usine thermique de Chardes ont été terminés dans le courant de l'année 1926 et que cette usine a été mise en service le 1er août 1926. Les travaux de l'usine hydroélectrique de Chardes seront terminés en janvier 1927. Toutefois l'usine a pu être mise en service, grâce à des dispositions provisoires, en décembre 1926.

Les travaux de l'usine du Baralet de la Société des Forces motrices de la Vallée d'Aspe sont terminés et la mise en service de cette usine est escomptée pour le mois de mars prochain.

Société d'Equipement des Voies ferrées et des grands réseaux électriques. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 17 janvier 1927, cette société, dont le siège est Paris, 124, rue de Provence, va procéder à l'émission de 26 000 actions nouvelles de 100 fr, représentant un capital nominal de 2 600 000 fr à souscrire en espèce et à libérer à la souscription.

Cette souscription sera réservée par préférence aux actionnaires de la société.

Digitized by Google

Le capital sera ainsi porté à 10 200 000 fr et toutes les actions anciennes ou nouvelles jouieront des mêmes avantages à partir du 1er janvier 1927.

Société d'Intérêt collectif agricole pour l'Electrification de la Région du Valois. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, du 17 janvier 1927, cette société dont le siège est à Compiègne (Oise), 32, rue des Domeliers, va procéder à l'émission de 41 779 parts nouvelles de 26 fr chacune afin de porter le capital à 1 300 000 fr.

Société des Forces Motrices de la Vallée d'Aspe. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, du 20 décembre 1926, cette société dont le siège social est à Paris, 10, rue Vézelay, va porter son capital de 25 millions de francs à 30 millions de Francs par la création de 20 000 actions nouvelles de 250 fr, à émettre au taux de 275 fr, payables en totalité à la souscription. Ces 20 000 actions qui porteront les nos 100001 à 120 000, seront créées coupon 7 attaché et jouissance du 1er juillet 1926. Les anciens actionnaires auront droit, à titre irréductible à la souscription de 50 pour 100 des actions nouvelles, soit 10 000 actions, c'est-à-dire 1 action nouvelle pour 10 anciennes. Les porteurs de 280 titres spéciaux remis aux souscripteurs d'origine auront droit également, à titre irréductible, à la souscription de 50 pour 100 de surplus d'actions nouvelles, soit 10 000 actions, c'est-à-dire à 35 actions nouvelles par titre spécial possédé.

Les titres disponibles, après exercice des droits irréductibles des anciens actionnaires et porteurs de titres spéciaux pourront être souscrits, à titre irréductible, par les anciens actionnaires et le public, la répartition devant être faite pour ces actions au prorata des titres demandés.

La souscription sera ouverte du 20 décembre 1926 au 20 janvier 1927 inclus.

Le montant total de l'action augmenté de la prime, soit 275 fr, devra être versé à la souscription.

Forces et Lumière électriques de l'Est. — Le bénéfice net du troisième exercice, clos le 30 juin 1926, s'est élevé, après amortissements et prélèvement pour la réserve légale à 60 356 fr. formant, avec le report antérieur, un total disponible de 92 754 fr, qu'il a été décidé de reporter à nouveau, conformément aux propositions du conseil d'administration.

Les réparations électriques du Poitou. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, du 17 janvier 1927, cette société en formation, dont le siège est à Poitiers, 15, rue des Ecossais, a pour objet l'ouverture et l'exploitation de tous ateliers de réparation et de construction de machines électriques et mécaniques de tous systèmes et recharges des accumulateurs, notamment à Poitiers; toutes recherches et études relatives au matériel électrique et mécanique et tous achats de revente de ce matériel.

Le capital social est fixé à 200 000 fr, divisé en 400 actions de 500 fr chacune, nominatives ou au porteur, qui devront être libérées d'un quart lors de la souscription, et le surplus suivant les appels du conseil d'administration, qui est statutairement autorisé à augmenter le capital social, en une ou plusieurs fois, à 1 million de francs, aux taux, charges et conditions qu'il fixera, sans qu'il soit besoin d'une autorisation de l'assemblée générale des actionnaires.

Compagnie parisienne de Distribution d'Electricité. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 3 janvier 1927, cette société, dont le siège est à Paris, 23, rue de Vienne, va procéder à l'émission d'un nombre maximum de 228 571 bons à 8 pour 100, d'une valeur nominale de 500 fr, créés conformément à l'article 36 des statuts, en vertu de la décision de l'assemblée générale ordinaire des actionnaires tenue le 29 juin 1926 et de la délibération du conseil d'administration du 21 décembre 1926.

Ces bons, portant jouissance du 15 janvier 1927, rapporteront un intérêt annuel de 40 fr, payables par moitié les 15 janvier et 15 juillet de chaque année. Le premier coupon sera à l'échéance du 15 juillet 1927.

Ces bons décennaux seront remboursés le 15 janvier 1937 pour leur montant nominal de 500 fr.

La société se réserve, toutefois, à partir du 1er janvier 1931, la faculté de procéder à l'amortissement anticipé de tout ou partie de ces bons, soit au pair, à une échéance de coupon, sous condition d'un préavis antérieur de deux mois à la date de cette échéance, à publier dans un journal d'annonces légales de Paris, soit par rachats en Bourse au-dessous du pair, compte tenu de la fraction courue du coupon. En cas de remboursement partiel au pair, il sera procédé par voie de tirage au sort antérieur d'un mois au moins à la date fixée pour le remboursement.

Sotiété alsacienne et lorraine d'Electricité. — Sensiblement égaux aux précédents, les bénéfices de l'exercice au 30 juin 1926 se sont élevés à 2 906 671,28 fr, formant avec le report antérieur un compte disponible de 3 millions 748 128,06 fr.

L'assemblée du 15 décembre 1926 a décidé la répartition suivante :

Réserve légale, 145 333,58 fr; dividende de 9 pour 100 aux actions privilégiées et 8,52 pour 100 aux actions ordinaires, 2 667 500 fr; tantièmes au conseil, 59 385,81 fr; report à nouveau : 895 910,67 fr.

Le dividende est actuellement payable à raison de 41,75 fr net au nominatif, 34,40 fr net au porteur pour les actions privilégiées et 39,45 fr net pour les actions ordinaires.

La société a pris à sa charge les majorations d'impôts instituées par la loi du 4 décembre 1925.

Société lyonnaise d'Equipements électriques. — Une assemblée extraordinaire tenue récemment à Lyon a décidé que l'année sociale commencerait le 1er janvier 1927 mais, par exception, le premier exercice comprendra le temps écoulé depuis la constitution de la société jusqu'au 31 décembre 1926. Le siège de la société est situé 157, rue Molière, à Lyon.

Union hydroélectrique armoricaine. — L'assemblée ordinaire, tenue le 22 décembre 1926, a approuvé le bilan de l'exercice 1925-1926, qui ne comporte pas de compte de profits et pertes.

Le rapport du conseil indique que, au cours de cet exercice, les travaux du barrage ont dû être suspendus. Grâce à l'aide financière du département des Côtes-du-Nord les travaux de lignes ont pu être poursuivis.

Energie électrique de l'Ouest de la France. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment sous la présidence de M. Jules Bernard, a approuvé les comptes de l'exercice 1925-1926 faisant ressortir un solde disponible de 39 552 fr qui a été consacré à l'amortissement du solde débiteur des exercices antérieurs.

Société d'Éclairage et d'applications électriques. — L'assemblée ordinaire, tenue le 25 décembre 1926, a approuvé les comptes de l'exercice écoulé et décidé de reporter à nouveau le solde créditeur s'élevant à 55 526 fr.

Les Exploitations électriques. — L'assemblée ordinaire tenue récemment a approuvé les comptes de l'exercice 1925-1926, se soldant par un bénéfice net de 2 millions 024 756 fr, et fixé le dividende brut à 17,50 fr par action et à 36 675 fr par part de fondateur.

Digitized by Google

Société nouvelle des Établissements Adt. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 7 février 1927, cette société dont le siège est à Paris, 45, rue de Turbigo, va procéder à l'émission de 8000 actions de 500 fr en vue de porter le capital de 6 millions de francs à 10 millions de francs.

Compagnie lyonnaise d'Électricité. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 7 février 1927, cette société dont le siège est à Lyon, 2, rue de la République, va procéder à l'émission au pair, de 1500 bons de 1000 fr, représentant un capital de 1 500 000 fr (sur l'emprunt de 3 000 000 de fr autorisé par l'assemblée susénoncée). Ces bons seront remboursables dans un délai de trois ans et productifs d'intérêts à 11 pour 100.

Société des grands réseaux électriques. — Une récente assemblée extraordinaire a ratifié l'augmentation du capital, porté de 5 millions à 7 600 000 fr, par la création de 26 000 actions de 100 fr, qui ont été allouées à la Société d'Équipement des Voies ferrées, à Paris, 44, avenue de la Grande-Armée, en rémunération de ses apports, effectués à titre de fusion.

L'assemblée a décidé, comme suite à cette absorption, de changer la dénomination de la société en celle de Société d'Equipement des Voies ferrées et des grands Réseaux électriques.

Ajoutons que le capital de la société est actuellement en voie d'augmentation à 10 200 000 fr, par l'émission contre espèces de 26 000 actions nouvelles de 100 fr.

Union houillère et électrique. — Telle sera désormais la dénomination de la Société industrielle, houillère et électrique, dont le siège vient d'être transféré du 16, rue de la Baume, au 54, rue La Boétie, à Paris. Le capital vient d'être augmenté de 10 millions et porté à 40 millions de francs par l'émission à 120 fr de 100 000 actions nouvelles de 100 fr de valeur nominale.

Société d'Usinage des Tubes pour l'Électricité. — Sous cette dénomination vient d'être constituée, sous les auspices de la Compagnie française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston et la Société nouvelle des Etablissements Adt, une société à responsabilité limitée, dont le siège a été fixé à la même adresse que cette dernière société.

Elle a pour objet la production, le traitement et le commerce sous toutes leurs formes des tubes isolateurs pour l'électricité, de leurs accessoires, et en général de tous matériel et accessoires pour canalisations électriques. Le capital est de 50 000 fr, représenté par 100 parts de 500 fr chacune.

BIBLIOGRAPHIE

Manuel de la Classification décimale à l'usage des ingénieurs électriciens, *établi d'après le Manuel du Répertoire bibliographique universel de l'Institut international de bibliographie*, par E. Beiser, ingénieur E.S.E. — Un volume, format 23 cm × 14 cm, de 150 pages, édité par la *Revue générale d'Electricité*. — Prix : broché, 9 fr (majoration comprise); envoi recommandé et emballage, en plus : *France*, 1,50 fr.; *Etranger*, 3,50 fr.

La classification décimale imaginée par l'Américain Dewey puis reprise et complétée par l'Institut international de Bibliographie, à Bruxelles, est de plus en plus utilisée, à l'heure actuelle, dans les bibliothèques et dans les revues techniques. La *Revue générale d'Électricité*, en particulier, en fait usage dans le but de permettre le classement des résumés composant le fascicule *Documentation* annexé à chacun de ses numéros et l'expérience prouve que les lecteurs s'intéressent de plus en plus à ce système en raison de ses nombreux avantages.

Dans une série d'articles parus dans cette revue, on a exposé les principes et les règles de la classification envisagée et indiqué un certain nombre de rubriques de cette classification choisies dans le Manuel du Répertoire bibliographique universel comme devant plus particulièrement être utiles aux ingénieurs électriciens.

Ce travail, convenablement remanié et complété par un index alphabétique constitue la présente brochure qui se compose, par suite, de quatre parties : 1° Exposé général des principes et des règles de la Classification décimale; 2° Choix de rubriques de la classification concernant la science et l'industrie; 3° Choix de rubriques concernant l'économie sociale et la législation et utilisable par l'ingénieur électricien; 4° Index alphabétique.

Ce manuel met à la disposition des techniciens et des exploitants tous les éléments nécessaires pour faire le classement des articles et des résumés documentaires suivant les principes de la Classification décimale et, éventuellement, pour entreprendre de classer aussi, suivant la même méthode, des notes et des dossiers personnels.

Erratum.

La bibliographie de l'ouvrage : **Manuel de l'ingénieur électricien**, par Rzhia et Seidner, *Ch. Béranger*, éditeur, parue dans le *Supplément* de notre numéro du 25 janvier 1927 porte 150 fr comme prix, c'est 210 fr qu'il faut lire.

Digitized by Google

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

N° 833 SUPPLÉMENT 10 Mars 1927.

RENSEIGNEMENTS DIVERS

Loi relative aux transports des marchandises. — On trouve dans le *Journal officiel* du 16 février 1927 une loi, en date du 12 février, modifiant et complétant l'article 106 du Code de Commerce relatif à la constatation de l'état des objets transportés en cas de *refus* ou de *contestation à l'arrivée*. L'article unique de cette loi comporte les dispositions suivantes modifiant l'article 106 du Code de Commerce :

« En cas de refus des objets transportés ou de contestation de quelque nature qu'elle soit sur la formation ou l'exécution du contrat de transport, ou à raison d'un incident survenu au cours même et à l'occasion du transport, à l'état des objets transportés ou présentés pour être transportés et, en tant que de besoin, leur conditionnement, leur poids, leur nature, etc., sont vérifiés et constatés par un ou plusieurs experts nommés par le président du tribunal de commerce ou, à son défaut, par le juge de paix et par ordonnance au pied d'une enquête.

« Le requérant est tenu, sous sa responsabilité, d'appeler à cette expertise même par simple lettre recommandée ou par télégramme toutes parties susceptibles d'être mises en cause, notamment l'expéditeur, le destinataire, le voiturier et le commissionnaire, et les experts doivent prêter serment, sans formalité d'audience, devant le juge qui les aura convoqués ou devant le juge de paix du canton où ils procéderont ; toutefois, en cas d'urgence, le juge saisi de la requête pourra dispenser de l'accomplissement de tout ou partie de ces formalités.

« Le dépôt ou séquestre des objets en litige et ensuite leur transport dans un dépôt public peut être ordonné.

« La vente peut en être ordonnée jusqu'à concurrence des frais de voiture ou autres déjà faits. Le juge attribuera le produit de la vente à celle des parties qui aura fait l'avance desdits frais. »

CHRONIQUE FINANCIÈRE

Société des Téléphones Grammont. — La deuxième assemblée constitutive de cette société, créée par les Etablissements de E.-C. Grammont et Alexandre Grammont, avec le concours de la General Electric Company, de Londres, et de la Western Telephone C°, s'est tenue le 4 janvier 1927.

La nouvelle société, qui est au capital de 18 000 000 fr, a pour objet la construction du matériel téléphonique et plus particulièrement l'exécution d'une partie des commandes passées pour la transformation en automatique du réseau téléphonique de la région parisienne.

Le président du conseil d'administration est M. François Grammont et le vice-président M. Piétri, administrateur de la Compagnie française des Câbles télégraphiques.

Société de Gaz et d'Electricité du Sud-Est. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 31 janvier 1927, p. 92, cette société dont le siège est à Lyon, 49, rue de la Bourse, va procéder à l'émission, à 475 fr. l'un, de 24 000 bons de 500 fr, représentant un emprunt total de 12 000 000 fr ; ces bons sont productifs d'un intérêt annuel de 8 pour 100 l'an, net de tous impôts français, présents et futurs, à l'exception de la taxe de transmission et des droits de transfert et de conversion. Cet intérêt sera payable par coupons semestriels de 20 fr chacun, les 15 janvier et 15 juillet de chaque année. Le premier coupon sera à l'échéance du 15 juillet 1927.

Ces bons sont amortissables en huit ans à partir de la troisième année, soit au pair par voie de tirages au sort annuels, conformément au tableau d'amortissement inscrit au dos des titres, soit par voie de rachats en bourse au-dessous du pair, compte tenu de la fraction courue du coupon et en épuisant chaque année la totalité de la somme prévue pour le service de l'emprunt.

Le premier remboursement aura lieu le 15 janvier 1930 et le dernier le 15 janvier 1937 au plus tard.

Société industrielle des Téléphones. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 31 janvier 1927, cette société, dont le siège est à Paris, 25, rue du Quatre-Septembre, va porter son capital social de 36 millions de francs à 54 millions de francs par l'émission de 60 000 actions nouvelles de 500 fr chacune.

Ces actions créées jouissance du 1er janvier 1927 auront droit, à partir de cette date, sur leur capital nominal, au premier dividende de 5 pour 100 prévu par les statuts ; elles auront droit, en outre, à un dividende supplémentaire égal à la moitié de celui qui pourra être réparti aux actions anciennnes sur les bénéfices de l'exercice ayant commencé le 1er juillet 1926.

Ces actions nouvelles, dont la souscription sera réservée par préférence aux propriétaires d'actions anciennes, seront entièrement libérées à la répartition, au plus tard.

Digitized by Google

Société de Force et Lumière électrique de l'Ouest. — Une récente assemblée extraordinaire a décidé de réduire le capital de 2 000 000 de fr à 400 000 fr, par la remise à chaque actionnaire, pour les 4/5 de ses actions, d'un nombre égal d'actions des filiales de la société. Elle a décidé, en outre, de réaugmenter le capital jusqu'à concurrence de 2 000 000 fr en une ou plusieurs fois par voie d'apport ou d'actions à souscrire en numéraire.

Caisse Landaise auxiliaire d'Électrification. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 31 janvier 1927, p. 82, cette société en formation, dont le siège est à Mont-de-Marsan (Landes), a pour objet de financer sous forme de prêts, avances ou autres modalités, les communes des Landes, groupées en syndicats de communes pour assurer la construction de réseaux de distribution d'énergie électrique.

En particulier, de contribuer avec le montant de son capital social initial, déduction faite de ses frais de constitution et de gestion, à la constitution du réseau de distribution d'énergie électrique d'un syndicat groupant en principe toutes les communes de la région de Geaune et de Aire-sur-Adour.

Le capital social est fixé à 2 500 000 fr, divisé en 10 000 actions de 250 fr chacune.

Il est attribué aux souscripteurs 1000 parts de fondateur sans valeur nominale, qui seront réparties proportionnellement au nombre d'actions souscrites par chacun d'eux, à raison d'une part par dix actions. Les parts qui n'auront pu être ainsi réparties seront mises en réserve pour permettre au conseil d'administration de rémunérer les services rendus à la société.

Etablissements Clavier. — Nouvellement constituée, cette société à responsabilité limitée a pour objet l'étude, la construction, la réparation, l'achat et la vente de tous appareils se rapportant à l'électricité, la radioélectricité, la radioactivité, la mécanique et tous appareils concernant l'application commerciale et industrielle des sciences. Le siège est à Paris, 144, boulevard de la Villette. Le capital est de 500 000 fr, représenté par 500 parts de 1000 fr chacune. M. André Clavier, 26, rue Desnouettes, à Paris, a été nommé gérant.

Secteur électrique de Billy-Montigny. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice clos le 31 décembre, qui accusent un bénéfice de 163 487 fr qui a été reporté à nouveau. Ajoutons que la société porte actuellement son capital de 700 000 fr à 1 000 000 fr par la création de 3000 actions de 100 fr, dont 2450 d'apport et 550 à souscrire en numéraire. Une assemblée extraordinaire sera appelée prochainement à ratifier cette augmentation.

Fibre et Mica. — Une récente assemblée extraordinaire a décidé de transférer le siège social, actuellement établi à Lyon-Villeurbanne, rue Frédéric-Fays, à Paris, 12, rue Portalis.

Société indépendante de Constructions radioélectriques pour Amateurs. — De constitution récente, cette société anonyme a pour objet l'application de la télégraphie et de la téléphonie avec ou sans fil, de la télémécanique et, d'une façon générale, l'utilisation industrielle des ondes et courants électriques, et en particulier l'application de ces procédés à tous moyens de locomotion; la construction, l'achat et la vente de tous appareils de précision se rattachant à la physique.

Le siège est à Malakoff (Seine), 78, route de Châtillon. Le capital est de 2 000 000 de fr divisé en actions de 100 fr sur lesquelles 1000 ont été allouées en rémunération d'apports. Il a été créé, en sus, 2000 parts de fondateur sur lesquelles 100 ont été attribuées à la Société indépendante de Télégraphie sans fil; les 1900 parts restantes ont été attribuées aux souscripteurs d'actions de numéraire, à raison d'une part pour dix actions souscrites.

Caisse Landaise auxiliaire d'électrification. — En voie de formation, cette société anonyme aura pour objet de contribuer à la constitution d'un réseau de distribution électrique dans la région de Geaune et de Aire-sur-Adour. Le siège sera établi à Mont-de-Marsan. Le capital sera fixé à 2 500 000 fr en actions de 250 fr, toutes à souscrire en numéraire. Il sera créé, en outre, 1000 parts de fondateur qui seront allouées aux souscripteurs à raison d'une part par dix actions souscrites. Le fondateur de cette Société est M. Blanchet, agissant en qualité d'administrateur et au nom de la Société française d'Electrification rurale, à Paris, 3, rue Grenéta.

Société de Force et Lumière de la Haute-Maurienne. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 17 janvier 1927, cette société dont le siège est à Modane, maison Merlino, Grande-Rue, va procéder à l'émission de 400 actions de 600 fr chacune, attribuées une pour une aux anciens actionnaires.

Société des Lampes Gramme. — Les comptes de l'exercice 1925-1926, qui seront soumis à l'assemblée ordinaire du 5 février, se soldent par un bénéfice net de 473 973 fr.

Le conseil proposera d'affecter 348 912 fr aux amortissements et de reporter à nouveau le solde, soit 125 061 fr.

Forces motrices de la vallée de la Bienne. — Le bénéfice net réalisé par cette société pour l'exercice 1925-1926 s'est élevé à 67 586 fr, contre 58 590 fr en 1924-1925. Le dividende a été fixé à 7,85 fr net par action et à 2,88 fr net par part bénéficiaire.

Secteur électrique de Billy-Montigny et extensions. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 10 janvier 1927, cette société dont le siège est à Billy-Montigny (Pas-de-Calais), rue de la Gare, va procéder à l'émission de 3000 actions de 100 fr entièrement libérées, dont 2 450 attribuées à M. Eichelbrenner en représentation de l'apport à la société de la propriété des secteurs Harnes et Courrières, et 550 à souscrire en numéraire, lesdites actions assimilées aux anciennes, avec jouissance à dater du 1er janvier 1927.

Cette souscription est réservée aux actionnaires à raison de deux actions nouvelles pour 25 anciennes, à titre irréductible et à titre réductible sans limitation.

Digitized by Google

COMMENT AMÉLIORER LE RENDEMENT DES INSTALLATIONS FONCTIONNANT A PLEINE CHARGE

Dans notre numéro 852 du 25 février 1927, nous avons montré, p. 84, comment on pouvait améliorer le rendement des installations fonctionnant à faible charge.

Les établissements Torche viennent de nous communiquer à ce sujet une série de courbes que nous nous faisons un plaisir de reproduire.

Les courbes ci-dessous ont été tracées en faisant abstraction des pertes variables avec la charge en raison de leur faible

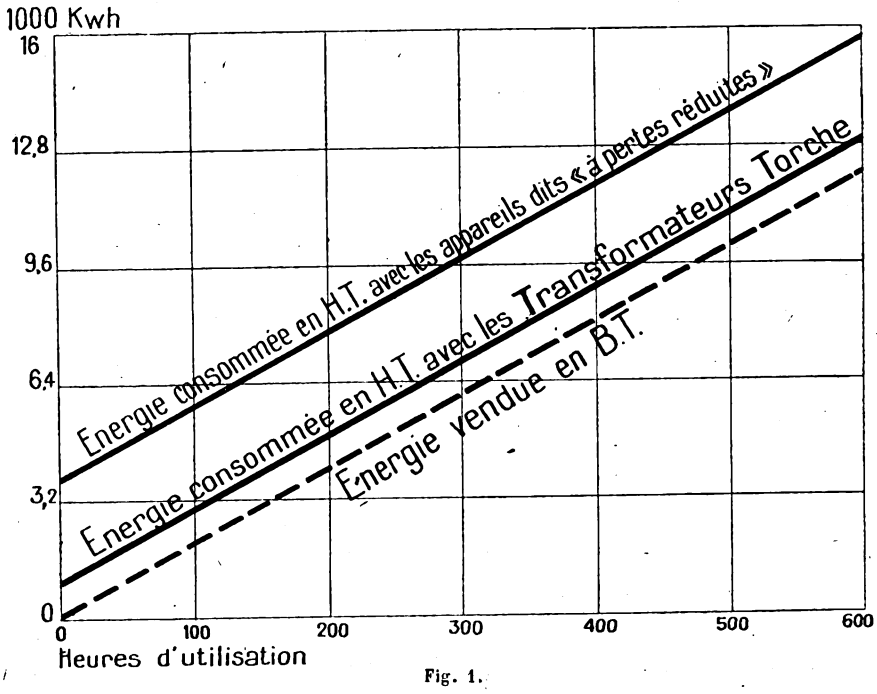


Fig. 1.

ordre de grandeur (10 pour 100 de l'énergie en kw-h vendus).

Dans ces conditions, les courbes sont parallèles : il est facile de voir que plus l'utilisation annuelle est faible, plus importante sera l'énergie consommée en haute tension par rapport à l'énergie vendue en basse tension.

Et l'avantage des transformateurs à pertes à vide minus-

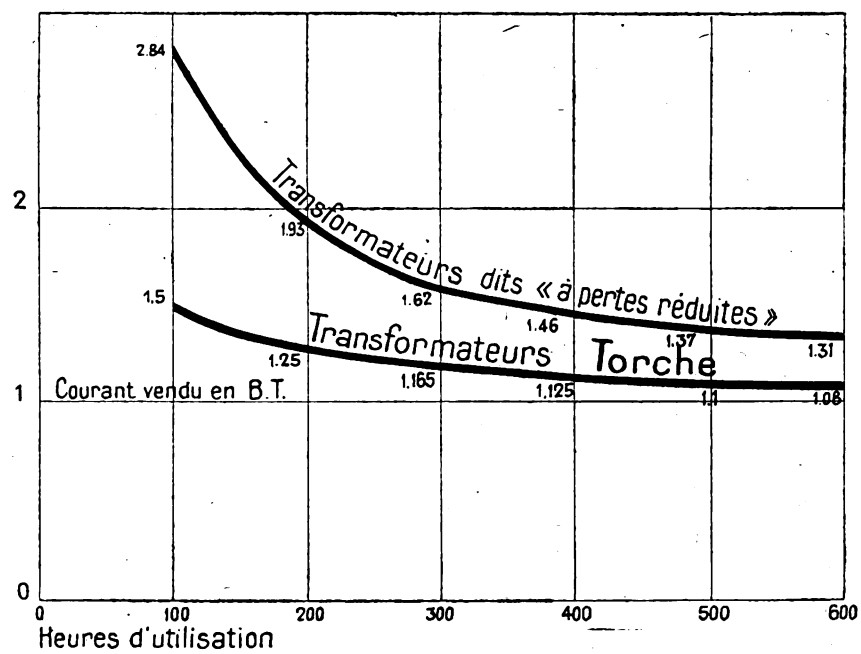


Fig. 2. — Rapports entre l'énergie achetée en haute tension et l'énergie vendue en basse tension.

cules sur les appareils à pertes à vide réduites apparaît indubitablement à la lecture de ce graphique.

Dans la figure 2 ci-dessus, la courbe supérieure concerne un transformateur à pertes réduites tandis que la courbe inférieure est celle d'un appareil à pertes minuscules. L'avantage de ce dernier se révèle énorme : ainsi pour une utilisation de 100 heures il faudra acheter, avec le premier appareil, 3 kw-h et, avec le second 1,5 kw-h seulement par kw-h vendu à la

Digitized by Google

clientèle. On voit que la différence des rapports reste très sensible jusqu'à 400 ou 500 heures d'utilisation.

Dans la construction du graphique, (fig. 3) nous avons, pour simplifier, fait abstraction des pertes variables avec la charge en raison de leur faible ordre de grandeur (10 pour 100 du nombre de km-h vendus).

Dans ces conditions, les courbes sont parallèles : il est facile de voir que plus l'utilisation annuelle est faible, plus

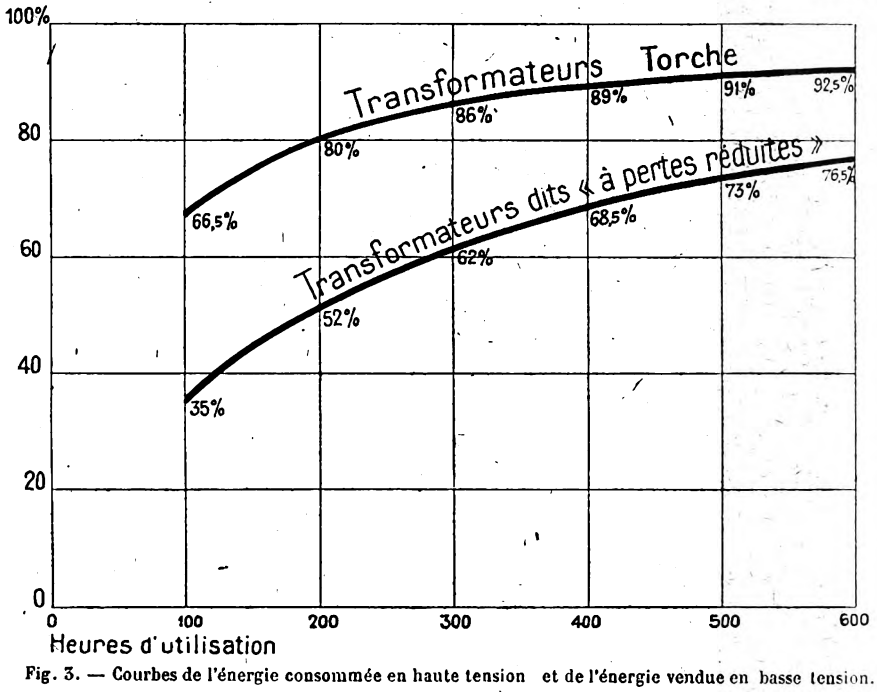


Fig. 3. — Courbes de l'énergie consommée en haute tension et de l'énergie vendue en basse tension.

importante sera l'énergie consommée en haute tension par rapport à l'énergie vendue en basse tension.

Et l'avantage des transformateurs à pertes à vide minuscules sur les appareils à pertes à vide réduites apparaît indubitablement à la lecture du graphique (fig. 4). Ces prix en francs par kw-h ont été calculés, avec les formules ci-dessus :

où $U = \frac{\text{énergie vendue}}{\text{puissance installée}}$, 175 est un coefficient correspon-

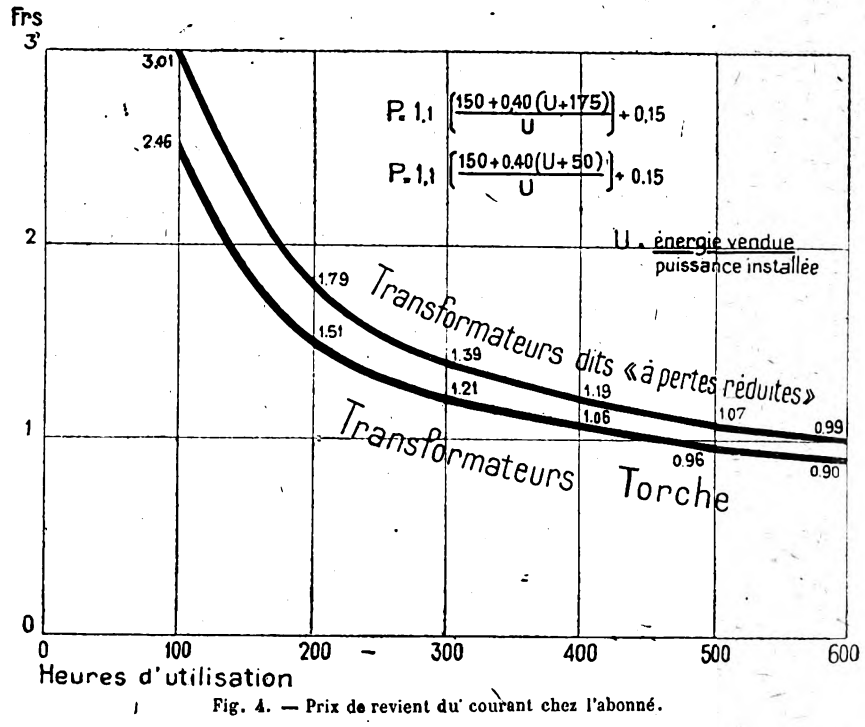


Fig. 4. — Prix de revient du courant chez l'abonné.

dant à une moyenne de pertes à vide de 2 pour 100 pour les transformateurs à pertes réduites, 0,15 est un terme représentant les frais d'exploitation et 1,1 est un facteur tenant compte des pertes proportionnelles à la charge.

Dans le cas d'un transformateur à pertes à vide minuscules de 10 kv-a, le coefficient 175 est remplacé par le coefficient 50.

Digitized by Google

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

N° 834 **SUPPLÉMENT** **25 Mars 1927.**

RENSEIGNEMENTS DIVERS

Le service de propagande d'une entreprise de distribution d'énergie électrique. — Le *Journal des Usines à Gaz* des 20 septembre et 5 octobre 1926, donne sous le titre « Mouvement communal », les directives pour une campagne de propagande pour le développement des appareils électriques et à gaz. Propagande. Tarification. Fabrication des appareils. Organisation commerciale et technique. Concentration, surveillance et perfectionnement des efforts. Durée d'une campagne. Conclusion : il suffit d'ouvrir les yeux des consommateurs, de les éduquer, pour vendre plus d'appareils et plus d'énergie.

Résultats économiques de l'électrification des chemins de fer du Nord de l'Espagne. — Notre excellent confrère de Bruxelles *L'Electricité pour tous* donne quelques renseignements intéressants sur l'électrification des chemins de fer espagnols.

La ligne électrifiée a un développement de 62 km; c'est une ligne de montagne où la rampe moyenne est de 2 pour 100; le trafic normal atteint 135 millions de t-km par an dans les deux directions; il exigeait autrefois 30 locomotives à vapeur, pesant ensemble 2665 t et représentant une puissance de 29 590 ch; avec l'électricité, 12 locomotives suffisent, pesant 948 t et représentant une puissance de 18 960 ch; on économise pour plus de 2 millions de pesetas de charbon; la dépense en personnel roulant est réduite au tiers; dans l'ensemble, tous frais compris, l'électrification procure une économie annuelle de 1 195 454 pesetas.

Tramways en aluminium. — La Cleveland Railway C° a mis en service, le 1er décembre, une voiture en aluminium, la première construite aux États-Unis. Elles sont semblables, à deux ou trois exceptions près, aux voitures en acier du même type.

A signaler qu'on n'avait pas trouvé au moment de la mise en service un alliage d'aluminium susceptible de rendre les services similaires à ceux de l'acier pour les rivets et que pour cette fois on a encore employé des rivets en acier.

Le poids de ces voitures est de 15 t, alors que celui des voitures en acier est de 21 t, soit un gain de 30 pour 100.

Parmi les principaux avantages, on espère que la voiture en aluminium sera plus silencieuse que celle en acier et que la réduction du poids mort permettra de réduire la puissance des machines motrices de 20 pour 100. Le coût de la construction en aluminium est d'environ 10 pour 100 plus élevé que celui de la voiture en acier, mais grâce aux économies de force motrice, cette dépense supplémentaire doit être amortie en 18 mois. (*Les Chemins de fer et les Tramways*, mars 1926.)

Nouveau tube à rayons cathodiques. — *La Nature*, 5 février 1927, décrit un nouveau tube à rayons cathodiques réalisé par M. Coolidge et qui permet d'observer les rayons cathodiques dans l'air sur une longueur de plus de 60 cm; c'est un tube à fenêtre de nickel, à vide très poussé, avec cathode en tungstène incandescent et où la décharge est réalisée sur des tensions de 250 000 à 400 000 v. Les effets observés sont extraordinairement puissants et intéressants, particulièrement au point de vue de la phosphorescence, au point de vue chimique et au point de vue biologique.

L'aménagement des chutes d'eau de faible et moyenne puissance. — R. Gabaud dans les *Annales de l'Energie* montre que malgré la faveur qui se porte vers l'aménagement des chutes d'eau puissantes, il y a un intérêt national et social à lutter contre la non-utilisation des petites chutes, dont le nombre est important, et qui contribueront à la fixation des petites industries sans congestionner davantage les villes. Cet équipement est financièrement possible, pour quelques centaines de kilowatts, lorsque le prix du kilowatt installé ne dépasse pas 3000 fr, ce qui est assez normal. On peut ainsi, tout en assurant une annuité de 15 pour 100 au capital engagé, vendre le kilowatt-heure au prix minimum de 0,25 fr. Il est même avantageux d'adjoindre un groupe thermique de secours, fournissant l'appoint aux basses eaux et augmentant la puissance fournie d'une façon continue.

Essais de petits disjoncteurs. — Des essais contrôlés seront organisés au Laboratoire Central d'Electricité, à partir du 1er mai 1927, par l'Union des Syndicats de l'Electricité et par le Syndicat des Constructeurs d'appareillage et de matériel électrique, pour la recherche d'un petit disjoncteur à maximum robuste, de fonctionnement absolument sûr, d'un prix raisonnable, destiné à remplacer l'interrupteur et le coupe-circuit du tableau de contrôle placé à l'origine des installations de première catégorie chez les abonnés.

Cet appareil a pour but d'éviter soit au distributeur d'onéreux déplacements pour changer un fusible, soit à l'usager la privation de courant jusqu'à ce que l'employé du secteur soit venu.

Le Secrétariat de l'Union des Syndicats de l'Electricité, 25, boulevard Malesherbes, Paris, se tient à la disposition des personnes intéressées par ces essais pour leur en envoyer le règlement et leur fournir tous renseignements utiles.

La liste d'inscription sera close le 1er *Avril*, et les appareils présentés devront être déposés au Laboratoire Central d'Electricité, 14, rue de Staël, Paris, avant le 1er *Mai*.

Digitized by Google

CHRONIQUE FINANCIÈRE

Energie électrique du Littoral méditerranéen. — Dans sa séance du 26 février 1927 le conseil d'administration a arrêté les comptes de l'exercice 1926, qui seront soumis à la prochaine assemblée ordinaire.

Les recettes d'exploitation se sont élevées en 1926 à 85 848 257 fr contre 66 244 455 fr en 1925.

Compte tenu des frais égnéraux, impôts, charges d'intérêts des obligations et de la dette flottante, le bénéfice brut s'élève à 52 135 500 fr, contre 24 970 580 fr, le capital actions étant resté le même, soit 175 millions de francs.

Le conseil d'administration a décidé de proposer à l'assemblée la distribution d'un dividende de 9 pour 100, soit 45 fr par action, contre 8,5 pour 100 l'année 1925.

Le montant des sommes affectées aux amortissements, provisions, réserves diverses et augmentation du rapport à nouveau est de 14 153 314 fr, contre 8 013 210 fr en 1925.

Société d'Électricité des Landes. — Récemment constituée, cette société anonyme a pour objet la construction et l'exploitation de tous réseaux de distribution d'électricité, ainsi que de toutes usines de production d'énergie électrique. Le siège est à Dax, châlet Brimborion, route Ducros. Le capital initial est de 250 000 fr, en actions série A de 500 fr, sur lesquelles 40 ont été allouées en rémunération d'apport. Le capital pourra, ultérieurement, être porté à 1 500 000 fr. Il a été créé, en outre, 150 parts de fondateur.

Société anonyme de Travaux et d'Exploitations électriques. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 7 mars 1927, cette société, dont le siège est à Lyon, 5, rue du Président-Carnot, va procéder à une augmentation du capital social, d'une première tranche de 750 000 fr sur l'augmentation de 4 250 000 fr autorisée par l'assemblée générale extraordinaire du 30 octobre 1926. Cette augmentation a lieu au moyen de l'émission de 1 500 actions nouvelles de 500 fr à souscrire en espèces et à libérer d'un quart à la souscription; toutefois elle pourra être limitée à 500 000 fr si le nombre des actions souscrites et recueillies ne représente pas un capital supérieur à 300 000 fr.

Société centrale pour l'Industrie électrique. — Les comptes de l'exercice 1926, qui ont été soumis à l'assemblée ordinaire du 7 mars, se soldent par un bénéfice brut de 5 665 982 fr contre 5 060 750 fr en 1925.

Déduction faite des frais généraux et des impôts, le bénéfice net ressort à 4 575 180 fr contre 4 161 711 fr précédemment. A ce bénéfice vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 854 568 fr.

Le conseil a proposé de porter le dividende de 40 à 45 fr par action.

Siemens Schuckert Werke G. m. b. H. — Le bénéfice d'exploitation, y compris le solde reporté de l'exercice précédent, s'élève à 13 565 296 marks contre 10 043 405 marks pour l'exercice précédent; les amortissements sur bâtiments, à 1 189 595 marks, contre 1 088 647 marks. Le bénéfice net est de 12 175 701 marks contre 8 954 756 marks.

Le conseil proposera de distribuer un dividende de 8,5 pour 100, de transférer 3 millions de marks à la réserve spéciale constituée l'année précédente et de consacrer 1 million de marks, contre 750 000 marks, à des dépenses au profit du personnel.

Société des Etablissements Fink, Joras et Cie. — Cette société anonyme au capital de 2 millions de francs, dont le siège était à Suresnes (Seine), 24, rue Pagès, vient d'être dissoute. M. Armand Péridier, à Paris, 14, rue Moncey, a été nommé liquidateur.

Etablissements La Lampe Styx et Fragor réunis. — Nouvellement constituée, cette société anonyme a pour objet d'effectuer toutes opérations se rattachant à la fabrication et à la vente de l'appareillage électrique en général et plus spécialement la fabrication et la vente des appareils et pièces détachées de télégraphie et téléphonie sans fil.

Le siège est à Clichy (Seine), 149, boulevard Jean-Jaurès. Le capital est de 650 000 fr en actions de 500 fr sur lesquelles 1 050 ont été allouées en rémunération d'apport, savoir : 800 à M. Henri de Junnemann, industriel, à Paris, 11, rue Méchain et 250 à M. Léon Heyert, ingénieur, à Paris, 30, avenue de la Grande-Armée. Le capital pourra, dès à présent, être porté 1 500 000 fr.

Prat et Cie. — Nouvellement constituée, cette société en nom collectif a pour objet la construction et la vente de dynamos, moteurs et appareils électriques. Le siège est à Villeurbanne, 114, cours Tolstoï. Le capital est de 1 million de francs.

Société d'Aménagements hydro-électriques. — Sous cette dénomination vient d'être constituée une société anonyme au capital de 500 000 fr, en actions de 1 000 fr, toutes souscrites en numéraire; il pourra être porté à 5 500 000 fr.

Elle a pour objet l'utilisation de toutes chutes d'eau et autres forces motrices; l'exécution de tous travaux, constructions et installations quelconques en vue de leur exploitation ou de leur mise en valeur; la production, l'emploi, la transmission, la distribution et la fourniture de l'énergie électrique; la fabrication et la vente de tous produits chimiques, électrotechniques et électrométallurgiques, de leurs dérivés et de leurs sous-produits. Le siège est à Paris, 10, rue Rossini.

Le Fil Magnéto. — Nouvellement constituée, cette société à responsabilité limitée a pour objet l'industrie de tout ce qui se rattache à l'électricité. Le siège est à Boulogne-sur-Seine (Seine), 70, rue de Billancourt. Le capital est de 555 000 fr, représenté par 5550 parts de 100 fr chacune.

Elecktrizitaets-Aktien-Gesellschaft Werke Schuckert und Cie. — Les résultats de l'exercice au 30 septembre 1926 se résument ainsi :

Recettes, y compris le rendement du portefeuille, 2 779 856 marks; total, avec les 19 024 marks reportés de l'exercice précédent, 4 798 800 marks, contre 2 844 072 marks. Frais d'administration, impôts, services d'intérêts, amortissements sur bâtiments. 1 182 099 marks. Bénéfice net: 3 616 781 marks, contre 1 979 024 marks, sur lequel 3 521 289 marks sont disponibles pour la répartition.

Le conseil d'administration propose de distribuer un dividende de 7 pour 100, contre 4 pour 100, aux actions ordinaires et 2 pour 100 aux actions de jouissance.

Etablissements Dreyfus et Spira. — Cette société en nom collectif dont le siège est à Ingersheim (Haut-Rhin) vient d'être transformée en société anonyme. Elle continue d'avoir pour objet la fabrication et le commerce d'appareillage électrique et de pièces et produits servant aux installations électriques. Le capital est de 2 750 000 fr en actions de 1000 fr.

Digitized by Google

Compagnie générale parisienne de Tramways. — L'assemblée ordinaire a approuvé les comptes de l'exercice 1926 faisant ressortir un solde bénéficiaire de 3 225 728 fr, auquel s'ajoute le reliquat antérieur de 119 471 fr. Le compte disponible s'élève à 3 106 257 fr. Le coupon brut a été fixé à 16 fr par action de priorité, 13,50 fr par action ordinaire et 3,50 fr par action de jouissance. Le paiement en sera effectué à partir du 1er juin, à raison de net : actions de priorité, 13,12 fr au nominatif, 11,19 fr au porteur; actions ordinaires : 11,67 fr au nominatif, 9,93 fr au porteur; actions de jouissance : 2,87 fr au nominatif et 2,56 fr au porteur.

Le rapport indique qu'un accord est intervenu au sujet des comptes restés en suspens pour les parties de voies ferrées communes avec d'autres compagnies. Le litige en suspens entre la Ville de Paris, l'État et la compagnie pour les dommages causés à cette dernière par la reconstruction du pont Notre-Dame, a été réglé par le bénéfice de la société. Celle-ci poursuit ses procès en réparation des dommages causés par les travaux du Chemin de fer métropolitain de Paris à ses installations de surface.

Société algérienne d'Éclairage et de Force. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 28 février 1927, cette société dont le siège est à Alger, 2, rue Jean-Rameau, va porter son capital à quarante millions de francs par l'émission de quarante mille actions nouvelles, au capital nominal de 250 fr.

Ces actions nouvelles seront émises contre espèces, au prix de 325 fr chacune, avec jouissance du 1er janvier 1927.

Sur les 40 000 actions représentant la présente augmentation de capital, la moitié, soit 20 000 actions, est réservée aux actionnaires anciens, la souscription des 20 000 actions de surplus étant assurée par un groupe financier.

Le droit de souscription pour les actionnaires anciens s'exercera : à titre irréductible, dans la proportion des titres possédés par eux et à raison d'une action nouvelle pour six actions anciennes; à titre réductible, au prorata des actions anciennes possédées et à concurrence des actions nouvelles restant disponibles sur les vingt mille titres à eux réservés.

La souscription donnera lieu au versement de :

Un quart du montant nominal et la totalité de la prime, à la souscription.

Le solde dans les quinze jours qui suivront l'assemblée générale appelée à statuer sur la vérification de la sincérité de la déclaration de souscription et de versement.

Société financière pour le Développement de l'Électricité (Financière électrique). — Une assemblée extraordinaire a décidé que le capital social, lequel est actuellement fixé à 25 millions de francs et divisé en 50 000 actions de 500 fr, sera divisé en 160 000 actions ordinaires de 125 fr et en 10 000 actions privilégiées à 6,5 pour 100 cumulatives, de 500 fr.

Les 160 000 actions ordinaires seront échangées contre 40 000 prises sur les 43 000 actions d'apports, attribuées à l'origine de la société, à la Compagnie française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston, à raison de quatre actions nouvelles pour une ancienne.

Les 10 000 actions privilégiées seront échangées contre les 3000 actions d'apport de surplus et les 7000 actions de numéraire portant les numéros de 43 001 à 50 000, à raison de une action privilégiée nouvelle pour une action ancienne.

L'assemblée a ensuite autorisé le conseil à porter le capital, en une ou plusieurs fois, de 25 à 165 millions de francs, par l'émission de 160 000 actions ordinaires de 125 fr et de 240 000 actions privilégiées de 500 fr.

Elle a décidé que, par dérogation exceptionnelle aux stipulations de l'article 8 des statuts, le droit de préférence appartenant aux actionnaires ne pourra s'exercer sur une première tranche de 60 millions de francs d'actions privilégiées.

Enfin, l'assemblée a apporté diverses modifications aux statuts, notamment en ce qui concerne la raison sociale qui sera désormais Société financière électrique.

Société d'Éclairage, Chauffage et Force motrice. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 28 février 1927, cette société dont le siège est à Paris, 22, rue de Calais, va porter son capital social de 100 à 125 millions de francs par l'émission de 100 000 actions de 250 fr de valeur nominale chacune, créées jouissance de l'exercice 1927.

Ces actions nouvelles seront réservées par préférence aux propriétaires d'actions anciennes.

En conséquence, après cette augmentation de capital, le capital social se trouvera porté à 125 millions de francs, divisé en 500 000 actions de 250 fr chacune entièrement libérées.

Société d'Emboutissage et de Mécanique pour l'Electricité. — Réunis récemment en assemblée extraordinaire, les actionnaires de cette société anonyme au capital de 200 000 fr, dont le siège était à Paris, 15, rue de Milan, ont prononcé la dissolution de la société et nommé comme liquidateurs MM. Emile Fillettaz, à Argenteuil (Seine-et-Oise), 25, rue de la Voie-des-Bancs, et Joseph Vatez, à Argenteuil, 1, boulevard Thiers.

Les Galeries électriques. — Récemment constituée entre la Société financière pour le Développement de l'Electricité et la Société Le Matériel domestique, cette société à responsabilité limitée a pour objet l'achat, la vente, la location, la fabrication, la réparation et le commerce sous toutes leurs formes de tous objets ou matériel se rapportant à l'emploi de l'électricité, ainsi que de tous objets ou matériel analogues. Le siège est à Paris, 1, rue de Londres. Le capital est de 100 000 fr, représenté par 100 parts de 1000 fr chacune.

Établissements Radio L. L. — Sous cette dénomination, vient d'être constituée, entre MM. Lucien, André et Robert Lévy, une société à responsabilité limitée, dont le siège a été fixé, 66, rue de l'Université, à Paris.

Elle a pour objet la télégraphie et la téléphonie sans fil, ainsi que toutes opérations s'y rattachant. Le capital est de 2 050 000 fr, représenté par 2050 parts de 1000 fr chacune.

Compagnie générale parisienne de Tramways. — Les résultats de l'exercice 1926 qui seront soumis à l'assemblée du 2 mars font ressortir 3 225 725 fr de bénéfices nets contre 3 231 561 fr en 1925. Le conseil proposera le maintien du dividende à 16 fr par action de priorité, 13,50 fr par action ordinaire et 3,50 fr par action en jouissance.

Siemens und Halske Aktiengesellschaft. — Le bénéfice d'exploitation, solde reporté compris, s'élève à 16 120 428 marks contre 9 591 470 marks pour le précédent exercice les amortissements sur bâtiments, de 771 915 marks contre 696 912 marks. Le bénéfice net est de 15 348 513 marks contre 8 894 558 marks.

Le dividende proposé est de 10 pour 100. Le conseil proposera aussi la formation d'une réserve spéciale de 2 500 000 marks et l'affectation de 1 million de marks, contre 750 000 marks, à des œuvres au profit du personnel.

Énergie électrique du Rouergue. — Une assemblée extraordinaire tenue récemment a approuvé, en principe, le traité d'apports intervenu avec la Société des Mines et Fonde-

Digitized by Google

ries de zinc de la Vieille-Montagne, relativement à la jouissance de l'usine hydroélectrique de cette dernière et d'une ligne de transmission d'énergie électrique lui appartenant dans les départements du Tarn et de l'Aveyron, contre la remise à cette société de 80 000 actions d'apport de l'Energie électrique du Rouergue.

L'assemblée a voté le principe d'une augmentation de capital de 20 millions de francs représentant le montant des actions ci-dessus, et nommé un commissaire chargé d'apprécier la valeur des apports.

Elle a en outre autorisé le conseil à augmenter le capital en une ou plusieurs fois d'une somme de 40 millions de francs pour le porter à 100 millions de francs.

Fabrique de Tubes isolants Astà. — Cette société à responsabilité limitée, dont le siège est à Schiltigheim (Bas-Rhin) et qui a pour objet la fabrication de tubes isolants et de matériel électrique, vient d'être transformée en société anonyme. Le capital est de 500 000 fr en actions de 500 fr.

Société Radio-Etoile, Etablissements Perriaux-Malin et Cie. — Adoptant cette dénomination, la société en nom collectif Radio-Etoile, Etablissements A. Perriaux-H. Malin, vient d'être transformée en société à responsabilité limitée.

Elle continue d'avoir pour objet la fabrication et la vente du matériel radioélectrique. Le siège reste fixé, 21, rue Brey, Paris. Le capital est de 300 000 fr.

Le Téléphone privé. — Réunis en assemblée extraordinaire, les actionnaires ont décidé de changer la dénomination de cette société en celle de la Téléphonie industrielle et commerciale S. A. Ils ont décidé, en outre, de transférer le siège social de Strasbourg, 2, rue de Hagueneau, à Wolfisheim (Bas-Rhin).

Tramways de l'Est-Parisien. — Les comptes de l'exercice écoulé qui ont été présentés à l'assemblée ordinaire du 24 mars 1927 se soldent par un bénéfice de 5 millions 580 886 fr contre 3 266 452 fr l'année dernière. Le conseil a proposé le maintien du dividende à 7 fr par action de capital et à 5 fr par action de jouissance. Rappelons qu'il a déjà été mis en paiement un acompte de 4 fr le 26 décembre dernier pour les actions de capital.

Société dauphinoise d'Accumulateurs. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 7 mars 1927, cette société dont le siège est à Grenoble, 5, rue Ampère, va procéder à une augmentation du capital social, dont le montant pourra être arrêté entre 300 000 et 600 000 fr, à la condition que satisfaction ait été donnée aux souscriptions faites à titre irréductible par les actionnaires et les porteurs de parts de fondateur. Les actions nouvelles seront émises au pair de 100 fr chacune, libérables du quart à la souscription et auront jouissance du 1er janvier 1927.

BIBLIOGRAPHIE

La chaleur et le froid, par A. Boutaric, professeur à la Faculté des Sciences de Dijon. — Un vol. 12 cm × 18 cm, 275 pages. — Prix : 12 fr. — *Ernest Flammarion*, éditeur.

Notre excellent et éminent collaborateur, M. Boutaric, vient de publier un nouvel ouvrage qui sera lu avec intérêt par nombre de personnes. Sans formules compliquées, rien qu'en citant des faits expérimentaux, l'auteur montre le rôle de la chaleur et du froid.

La chaleur est la cause des sensations de chaud et de froid. Nous ne sommes pas plus fixés sur sa vraie nature que sur celle de la lumière ou de l'électricité. Les sciences expérimentales, dont l'unique objet est la recherche de relations entre nos sensations, s'accommodent assez bien d'une telle ignorance des causes premières. En revanche, elles ne progressent que par l'introduction de grandeurs mesurables. Il n'est de science véritable que de ce qu'on sait mesurer et nos connaissances sur la chaleur n'ont acquis quelque précision que du jour où l'on a substitué aux impressions vagues de notre sens du toucher, des notions nettement définies et accessibles la mesure.

La définition et la mesure précise des températures et des quantités de chaleur tiennent une grande place dans l'étude de la chaleur. L'échauffement ou le refroidissement d'un corps modifient un grand nombre de ses propriétés, parmi lesquelles on peut citer : les dimensions et la densité, les coefficients élastiques, électriques, magnétiques, l'énergie émise sous forme de rayonnement. Une élévation de température suffisante entraîne des transformations encore plus apparentes, qui ne peuvent échapper à l'observation la plus superficielle : le corps change d'état physique; de solide, il devient liquide, puis gazeux. A une température suffisamment élevée, tous les corps prennent l'état gazeux. Ils sont tous solides à des températures suffisamment basses.

La chaleur se produit dans la nature avec une facilité déplorable. C'est sous cette forme qu'apparaissent les déchets inévitables dans toutes les transformations d'énergie.

L'humanité a poursuivi inlassablement la recherche des sources de chaleur commodes à utiliser. La conquête du feu « maître de tous les arts, le plus grand bien qui soit pour les vivants » contenait en germe tous les progrès qui ont marqué les diverses étapes de la civilisation.

Ce volume écrit dans le même esprit que « La vie des atomes », La lumière et les radiations visibles, fait partie de la série des travaux par lesquels l'auteur a si bien su fixer à l'usage du grand public les divers aspects de la physique moderne.

Digitized by Google

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

N° 835 SUPPLÉMENT 10 Avril 1927.

RENSEIGNEMENTS DIVERS

L'achèvement du Transpyrénéen d'Ax-les-Thermes à la frontière. — La région économique de Toulouse et des Pyrénées était intervenue auprès du ministre des Travaux Publics pour obtenir l'achèvement rapide de la ligne d'Ax-les-Thermes à la frontière.

Le ministre vient de lui faire savoir que la politique rigoureuse d'économie que le gouvernement a dû s'imposer, notamment en matière de travaux neufs, ayant nécessité l'ajournement de la construction d'un grand nombre de lignes non encore ouvertes à l'exploitation, une étude d'ensemble a été faite en vue de déterminer celles dont il convient de poursuivre l'achèvement, en tenant compte, en particulier, de leur degré d'urgence et de l'état d'avancement des travaux.

Sur le vu des résultats de cette étude et sous réserve de l'avis du Conseil national économique, le ministre a décidé de maintenir la ligne d'Ax-les-Thermes à la frontière dans le programme de celles dont l'exécution pourra être continuée. Il a informé le Comité que les travaux y seront poussés aussi activement que les circonstances le permettront. (*Les Chemins de fer et les Tramways, mars* 1927.)

Accroissement de la charge des usines centrales électriques par suite du développement du chauffage électrique industriel. — Il y a dix ans encore que la charge provenant du chauffage industriel était pratiquement négligeable aux États-Unis. Aujourd'hui cette charge figure au budget de chaque station centrale et dans nombre de districts industriels c'est après les moteurs la charge la plus importante, et cette charge croît beaucoup plus rapidement que toute autre. L'auteur cite des chiffres en se basant principalement sur les résultats d'exploitation de la « Connecticut Light and Power Co » faisant ressortir depuis 1918 l'accroissement rapide de cette charge. La plus grande partie de cette charge étant représentée par des fours de fusion pour le laiton, puis par les fours pour traitements thermiques. De nombreux fours de 2100 kw sont actuellement en cours d'installation.

L'auteur fait ressortir les raisons légitimant cet accroissement : 1° moins d'oxydation du métal; 2° moindre consommation d'acide au décapage; 3° moins de temps pour l'opération du décapage; 4° économie de main-d'œuvre; 5° réduction des pertes de métal; 6° améliorations des conditions de travail; 7° produits plus homogènes, etc.

Si l'accroissement de la charge due au chauffage électrique continue à progresser suivant le degré de ces dernières années, on peut estimer qu'aux États-Unis on aura dès 1931 une charge « Chauffage » égale à la charge « Moteurs ».

Aux avantages ci-dessus énumérés s'ajoutent encore des avantages d'ordre économique et de production comme il est indiqué par des exemples. (*Electrical World*, 23 octobre 1926 et *Houille Blanche*, décembre 1926.)

Détecteur à gaz pour lampes électriques de sécurité des mineurs. — Un dispositif, inventé et mis au point par M. Gulliford comporte un récipient perforé dans lequel se trouve un fusible entouré par un cylindre en treillis. Ce fusible, au moyen d'un interrupteur, peut être mis en série avec le filament de le lampe aussi souvent qu'il est nécessaire. Si l'atmosphère ne se révèle pas grisouteuse lorsque le fusible est dans le circuit, la lampe donne moins de lumière que lorsqu'elle est reliée directement aux bornes de la batterie et le fusible reste rouge sombre. S'il y a traces légères de grisou, le fusible devient plus chaud et son éclat plus intense, mais celui de la lampe diminue. Enfin, si la proportion de grisou dépasse 2,5 pour 100 la lampe s'éteint, attirant immédiatement l'attention des mineurs. Le fusible étant alors court-circuité, les mineurs peuvent quitter sans encombre la zone dangereuse et donner l'alarme. (*Engineering*, 12 mars 1926.)

Noyaux en ferro-nickel « hypernik » dans les transformateurs de fréquence. — Généralement interposés entre les appareils de mesure et les câbles haute-tension, destinés à des mesures d'intensité, ces transformateurs sont munis de noyaux en acier silicieux, assez facilement perméables, et qui comportent, à forte charge, des inductions trop élevées, d'où découlent des courants magnétisants avec, dans le fer, des pertes très élevées — ce qui accroît, dans de fortes proportions, les erreurs de déphasage — alors qu'à faible charge, avec une induction également faible, et les changements correspondants dans les conditions de fonctionnement, leur sensibilité est complètement modifiée.

Dans son intéressant article, M. Th. Spooner expose que l'hypernik (nouvel alliage nickel et fer) permet d'obtenir des noyaux à perméabilité élevée par une faible induction, ramenant à 30 pour 100 de ce qu'elles sont, avec les noyaux silicieux, les erreurs de déphasages précitées, et avec lesquelles le rapport minimum pour lequel on ait observé un fonctionnement normal de l'appareil est de 40. (*Journ. of the Am. Institute of Electr. Engineers.*)

Transformateurs de 60 000 kv-amp., munis d'un réglage de la puissance, pour la Philadelphia Electric Company. — Ces transformateurs, avec un dispositif de changement du rapport de transformation en charge, sont installés sur une ligne de 66 000 v. Chacun se compose de trois éléments à courant monophasé de 20 000 kv-a, fonctionnant entre 15 800 v et 72 450 v. Les primaires sont réliés en triangle et les secondaires, en étoile. Le système de réglage de la tension constitue la caractéristique la plus intéressante de l'installation. Les primaires de chaque phase alimentent une inpédance fractionnée en 9 sections. Deux contacts peuvent se déplacer et embrasser entre eux un nombre variable de ces sections. Ils alimentent, d'autre part, le primaire d'un transformateur dont le secondaire est en série avec celui du transformateur principal. Le déplacement des contacts permet d'alimenter le transformateur additionnel à l'aide d'une tension variable, et, par suite, d'ajouter une tension variable à la tension principale. Une liaison mécanique assure le synchronisme des opérations sur les trois phases, nécessaire pour éviter les déséquilibrages. (*General Electric Review*, et *Houille blanche*, décembre 1926.)

Digitized by Google

CHRONIQUE DES INSTALLATIONS

Les nouvelles usines hydroélectriques de l'Isle-Jourdain et de Chardes, sur la Vienne. — Le *Journal officiel* du 4 mars 1927 publie le décret en date du 23 février 1927, approuvant la convention passée entre le ministre des Travaux publics, d'une part, et la Société des Forces motrices de la Vienne, dont le siège est à Paris, 10, rue Vézelay, d'autre part, ainsi que le cahier des charges imposé à cette dernière pour l'établissement et l'exploitation des ouvrages hydrauliques et des usines génératrices destinés à l'utilisation sur la Vienne :

1° De la chute d'eau d'environ 10,50 m entre l'ancien moulin de Jousseau et le pont de l'Isle-Jourdain, dite chute de l'Isle-Jourdain ;

2° De la chute d'environ 8 m entre le pont de l'Isle-Jourdain et la pointe nord de l'île de Chardes, dite chute de Chardes.

L'ensemble des deux chutes intéresse les communes de Millac-le-Vigeant et l'Isle-Jourdain, dans le département de la Vienne.

La puissance maximum brute de la chute de l'Isle-Jourdain est évaluée à 8400 kw, ce qui correspond, compte tenu du rendement normal des appareils d'utilisation, à une puissance disponible de 5800 kw environ.

La puissance normale brute de cette chute est évaluée à 5750 kw, ce qui correspond de même à une puissance normale disponible de 4000 kw environ.

La puissance maximum brute de la chute de Chardes est évaluée à 5300 kw, ce qui correspond, compte tenu du rendement normal des appareils d'utilisation, à une puissance disponible de 3700 kw environ.

La puissance normale brute de cette chute est évaluée à 4400 kw, ce qui correspond de même, à une puissance normale disponible de 3000 kw environ.

L'entreprise a pour objet principal l'alimentation en énergie électrique des centres industriels actuels et futurs de la région et la fourniture du courant électrique aux services publics (notamment aux réseaux de transmission ou de distribution exploités par le concessionnaire) ainsi qu'à des tiers.

Les ouvrages principaux sont les suivants :

1° *Chute de l'Isle-Jourdain.* — Le concessionnaire a exécuté et mis en service ses ouvrages sur autorisations provisoires des 30 juillet 1917, 31 décembre 1919, 5 octobre 1921 et 21 octobre 1921.

D'après les termes du cahier des charges, le barrage est constitué par un mur plein en maçonnerie ; sa plus grande hauteur dans le grand bras de la rivière est de 14 m environ. Sa crête est arasée à la cote 110 m ; son parement amont est à 0,18 m et son parement aval à 0,80 m de fruit ; ce dernier se raccorde à la paroi verticale du couronnement par une courbe de 5,80 m de rayon. L'épaisseur de l'ouvrage en couronne est de 2 m.

Les ouvrages actuellement établis en vue de l'évacuation des crues sont les suivants :

a) Deux canaux de décharge dans le massif de béton d'infrastructure de l'usine, obturés à l'amont par des vannes Stoney à commande électrique, avec seuil à 96,50 m et deux canaux de décharge, ménagés au pied du barrage, obturés de même ;

b) Trois vannes automatiques basculantes établies à la crête du barrage dans sa partie centrale ; elles ont 14 m de longueur et 2,10 m de hauteur ; leur seuil est à la cote de 106,85 m. Le mur-barrage est aménagé au droit de ces vannes en déversoir de profil renforcé.

Ces ouvrages seront complétés avant le 31 décembre 1929, au plus tard, par l'adjonction, à la crête du barrage, d'une vanne additionnelle permettant d'évacuer 250 m³ : sec pour les eaux au-dessus de la cote 110 m ; le projet en a été présenté avant le 31 décembre 1926.

L'usine qui fait elle-même partie du barrage comporte quatre turbines à axe vertical, commandant directement chacune un alternateur à axe vertical ; chaque turbine peut absorber, par seconde, un volume de 20 m³ d'eau et se trouve placée dans une chambre d'eau construite en ciment armé et fermée par deux vannes de garde.

2° *Chute de Chardes.* — Le barrage sera constitué par un mur plein en maçonnerie : sa plus grande hauteur dans le grand bras de la rivière sera de 10,50 m environ ; sa crête sera arasée à la cote 98,40 m ; l'épaisseur de l'ouvrage à la cote 68 m, redans de fondation non compris, sera de 9 m environ ; à la cote 95,40 m, de 4,25 m environ ; à la cote 98,40 m de 2 m environ.

Les ouvrages suivants seront établis en vue de l'évacuation des crues :

a) Deux canaux de décharge dans le massif de béton d'infrastructure de l'usine obturés à l'amont par des vannes Stoney à commande électrique avec seuil à la cote 88 m et deux canaux de décharge ménagés au pied du barrage, obturés de même ;

b) Quatre vannes automatiques basculantes établies à la crête du barrage dans sa partie centrale ; elles auront 13,50 m de longueur, 3,50 m de hauteur, leur seuil sera à la cote 93,90 m. Le mur-barrage sera aménagé au droit de ces vannes en déversoir de profil renforcé.

L'usine qui fera elle-même partie du barrage comportera quatre turbines à axe vertical, commandant directement chacune un alternateur à axe vertical ; chacune des trois premières turbines pourra absorber, par seconde, un volume de 18 m³ d'eau ; la quatrième, 12 m³. Toutes se trouveront placées dans des chambres d'eau construites en ciment armé et fermées par deux vannes de garde.

Utilisation de la chute de Saint-Herbot-sur-l'Ellez. — Le *Journal officiel* du 5 mars 1927 publie le décret en date du 3 mars 1927, approuvant la substitution à M. Kerautret, demeurant à Huelgoat (Finistère), de la Société des Monts d'Arrée, dont le siège social est à Kréach-Kalem en Landivisiau (Finistère), dont les droits et obligations résultant du décret du 30 août 1925 qui autorisait, déclarait d'utilité publique et concédait les travaux à entreprendre en vue de l'aménagement d'une chute d'eau, sur l'Ellez, au lieudit Saint-Herbot, dans le département du Finistère, d'une part, et approuvait la convention passée le 28 janvier 1924 entre le ministre des Travaux publics, agissant au nom de l'État, et M. Kerautret, pour l'exécution des ouvrages et leur exploitation, d'autre part.

Etablissement de réseaux ruraux. — Des conférences ont été tenues entre les ingénieurs en chef du contrôle des distributions d'énergie électrique et du génie rural au sujet de l'établissement de réseaux ruraux de distribution d'énergie électrique dans les communes suivantes :

Aude. — Mas-Gabardes, Rodome.

Corrèze. — Communes faisant partie des cantons de Lubersac, Juillac, Vigeois, Brives, Donzenac, Larche, Beynat, Meyssac.

Digitized by Google

Eure-et-Loir. — Chaussée-d'Ivry.

Indre-et-Loire. — Restigné.

Marne. — Courthiezy, Soilly.

Savoie. — Saint-Christophe-la-Grotte, La Biolle.

Vaucluse. — Peypin-d'Aigues.

Vendée. — Saint-Martin-de-Fraigneau, Chavagnes-en-Paillers.

Substitution du concessionnaire de l'usine hydroélectrique de Baigts, sur le gave de Pau. — Le *Journal officiel* du 5 mars 1927 publie le décret en date du 23 février 1927, approuvant la substitution à M. Desplats, demeurant 24, place de la Madeleine à Paris, de la Société des Forces motrices de la Vallée d'Aspe, dont le siège social est à Paris, 10, rue Vézelay, dans les droits et obligations résultant du décret du 14 février 1925 qui autorisait, déclarait d'utilité publique et concédait les travaux à entreprendre en vue de l'aménagement d'une usine hydroélectrique à Baigts, sur le gave de Pau, dans le département des Basses-Pyrénées, d'une part, et approuvait la convention passée le 14 février 1925, entre le ministre des Travaux publics, agissant au nom de l'Etat, et M. Desplats, pour l'exécution des travaux et leur exploitation, d'autre part.

CHRONIQUE FINANCIÈRE

Energie électrique du Littoral méditerranéen. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 14 mars 1927, page 191, cette société, dont le siège est à Paris, 5, avenue du Coq, va porter son capital de 175 à 500 millions de francs par l'émission 250 000 actions nouvelles de 500 fr. Sur ces 250 000 actions à émettre, 125 000 sont réservées aux actionnaires pour l'exercice de leur droit de préférence, dans les conditions détaillées aux prospectus d'émission, la souscription des 125 000 actions de surplus étant assurée par un groupe financier.

Les actions nouvelles seront émises contre espèces et payables : un quart à la souscription, les trois autres quarts dans les quinze jours qui suivront la réunion de l'assemblée qui aura vérifié la sincérité de la souscription.

Elles seront soumises à toutes les dispositions statutaires, seront créées jouissance du 1er janvier 1927 et participeront à l'intégralité des bénéfices de l'exercice commençant à ladite époque, au même titre que les actions anciennes auxquelles elles se trouveront entièrement assimilées, après leur libération et le paiement aux actions anciennes du dividende de l'exercice 1926.

Etablissements Vanherzeeke Fournier. — Société à responsabilité limitée, formée pour l'achat, la fabrication et la vente de toutes constructions électriques et notamment le gros appareillage électrique. Le siège est à Paris, 12, rue Soleillet. Le capital initial a été fixé à 150 000 fr, en 4 500 parts de 100 fr.

Compagnie parisienne d'Energie électrique. — Cette société au capital de 300 000 fr et dont le siège est à Paris, 73, boulevard Haussmann, a été déclarée en faillite par jugement du Tribunal de Commerce de la Seine. M. Derchen a été nommé juge-commissaire et M. Laforge, liquidateur provisoire.

Société Le Transformateur. — Les résultats de l'exercice 1926 de cette société, dont le siège est à Paris, 15, avenue Matignon, font ressortir un bénéfice de 958 542,25 fr.

Le conseil proposera à la prochaine assemblée générale d'affecter 601 785, 25 fr aux amortissements, sur le solde disponible qui, y compris le report de l'exercice précédent, se monte à 378 250,85 fr. La somme de 18 912 fr serait versée à la réserve légale; 350 000 fr, à la réserve spéciale et le solde, soit 9 538,85 fr, reporté à nouveau.

Le total des amortissements et réserves de la société se trouvera ainsi porté à 4 395 321,46 fr.

Dans le courant de l'exercice, la société a commencé le remboursement de sa dette obligataire par le rachat de 145 000 fr d'obligations.

Société du Secteur électrique Victor-Hugo. — Cette Société au capital de 215 000 fr et dont le siège est à Paris, 73, boulevard Haussmann, a été déclarée en faillite par jugement du Tribunal de Commerce de la Seine. M. Derchen a été nommé juge-commissaire et M. Laforge, liquidateur provisoire.

Compagnie parisienne du Secteur Trinité. — Cette société au capital de 325 000 fr et dont le siège est à Paris, 73, boulevard Haussmann, a été déclarée en faillite par jugement du Tribunal de Commerce de la Seine. M. Derchen a été nommé juge-commissaire et M. Laforge, liquidateur provisoire.

Compagnie parisienne du Secteur Opéra. — Cette société au capital de 450 000 fr et dont le siège est à Paris, 73, boulevard Haussmann, a été déclarée en faillite par jugement du Tribunal de Commerce de la Seine. M. Derchen a été nommé juge-commissaire et M. Laforge, liquidateur provisoire.

Société bitterroise de Force et Lumière. — Une assemblée extraordinaire, tenue récemment, a décidé la division de chaque action actuelle de 500 fr de valeur nominale en cinq actions au nominal de 100 fr chacune, dont quatre dites actions B et une dite action A.

Les actions nouvelles auront les droits suivants : actions B, premier dividende de 5 pour 100, le solde comme il est dit aux statuts, une voix par action dans les assemblées générales. Actions A, premier dividende de 4 pour 100, le solde comme il est dit aux statuts, dix voix par action dans les assemblées générales; titres obligatoirement nominatifs et cession subordonnée à l'acquiescement du conseil d'administration.

Société l'Union financière et Société industrielle d'électricité. — Cette société au capital de 2 175 000 fr et dont le siège est à Paris, 73, boulevard Haussman, a été déclarée en faillite par jugement du Tribunal de Commerce de la Seine. M. Derchen a été nommé juge-commissaire et M. Laforge, liquidateur provisoire.

L'Outil électrique français. — Cette société en nom collectif, dont le siège est à Paris, 99, Faubourg du Temple, vient d'être transformée en société à responsabilité limitée. Elle continue d'avoir pour objet l'exploitation d'un fonds de commerce de mécanicien-électricien. Le capital est de 150 000 fr en 150 parts de 1000 fr chacune.

Société du Gaz et d'Electricité de Grevenmacher. — Le bénéfice d'exploitation du deuxième exercice social, clos au 30 juin 1926, s'est élevé à 197 188 fr, laissant, après dotation notamment des amortissements, un bénéfice net de 32 552 fr. Il a été réparti un dividende de 6 pour 100.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

Paratonnerres, par Edwin W. Liggingston. (Bibliothèque des Monographies techniques, publiée sous la direction de J. Rousset. — Un vol. 14 cm × 23 cm, 108 pages. — Prix : 15 fr. — *Desforges, Girardot et C^ie^*, Editeurs.

Les monographies que nous possédions sur le rôle et l'installation des paratonnerres étant pour la plupart épuisées depuis longtemps, c'est une excellente idée qu'a eue l'auteur de publier ce travail bien au point, destiné non seulement aux constructeurs, mais encore aux usagers du paratonnerre. L'efficacité n'est pas niable d'une installation bien faite de paratonnerre, et c'est par milliards qu'on évalue le chiffre annuel de dégâts évités grâce à cette protection. Mais encore faut-il que les paratonnerres soient rationnellement disposés et convenablement entretenus. Les nombreuses indications pratiques et précises, les très nombreux croquis que donne l'auteur permettront à tous les intéressés de se documenter à ce propos : l'ouvrage en effet, ne comportant aucun appareil mathématique, est accessible à tous.

Cours de physique à l'usage des élèves de mathématiques spéciales, par J. Lemoine et Guyot. — Tome III. Magnétisme et électricité. — Un vol. 17 cm × 25 cm. 260 pages. — Prix : 20 fr. — *Vuibert*, Editeur.

Les génératrices d'électricité, dynamos et moteurs absorbent l'énergie mécanique des chutes d'eau ou l'énergie calorifique des combustibles. L'électricité ainsi créée est portée au loin jusqu'à des moteurs qui restituent l'énergie de la source initiale. Dans ces diverses opérations interviennent, d'une façon essentielle, les travaux des forces exercés par les champs magnétiques sur les courants électriques.

Il est facile et indiqué, surtout quand on s'adresse à des étudiants qui ont déjà parcouru une première fois l'ensemble des manifestations électriques, d'insister sur le caractère d'énergie de l'électricité et de débuter par l'électromagnétisme.

Après le Magnétisme, les auteurs étudient les forces qui sollicitent un courant dans un champ magnétique, puis la production du champ magnétique par le courant lui-même. La définition de l'intensité du courant en résulte.

La loi de Faraday conduit à la définition de la quantité d'électricité.

La force électromotrice, ou la différence de potentiel, s'introduit alors comme deuxième facteur de la puissance et de l'énergie.

La loi de Joule amène la notion de résistance.

Les lois d'Ohm et de Pouillet relient cette résistance à la force électromotrice ou à la différence de potentiel et à l'intensité du courant.

Enfin, l'étude du courant électrique se termine par celle des phénomènes d'induction, qui forment la conclusion de l'électromagnétisme, et par l'application des lois du courant aux phénomènes de charge et de décharge du condensateur, qui nous conduisent à l'électrostatique. Cet ouvrage essentiellement didactique rédigé par des maîtres réputés sera lu et consulté par les ingénieurs ayant terminé leurs études qui y trouveront un enchaînement logique de l'électrotechnique.

Digitized by Google

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

N° 836 SUPPLÉMENT 25 Avril 1927.

RENSEIGNEMENTS DIVERS

Conférence Internationale des Grands Réseaux Électriques à Haute Tension. — La Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques à Haute Tension tiendra sa 4e session à Paris, du 25 juin au 2 juillet prochain, les sessions précédentes ayant eu lieu en 1921, 1923, et 1925.

Divisée en trois sections : construction du matériel, construction des lignes, exploitation des réseaux, elle offre à tous ses membres, l'occasion rare de se renseigner en détail sur leur profession et de se documenter les uns les autres beaucoup mieux qu'ils ne peuvent le faire par les livres ou les revues.

Elle leur permet aussi d'établir et de maintenir entre eux des relations personnelles du plus haut prix.

Elle comprend 28 pays et a réuni en 1925 un total de 530 membres dont 242 constructeurs de matériel électrique, 251 distributeurs d'énergie et 37 professeurs ou ingénieurs-conseils.

Les deux langues utilisées par la Conférence, tant pour les rapports que pour les discussions, sont le français et l'anglais.

Tous renseignements seront fournis à première demande à toutes les personnes qui voudront bien s'adresser au secrétaire général de la Conférence, M. Tribot Laspiere, 25, boulevard Malesherbes, à Paris.

L'électrification de la ligne de Saint-Germain. — L'électrification complète de la ligne Paris-Saint-Germain est désormais un fait accompli, les travaux du dernier tronçon « Rueil-Saint-Germain » ayant été terminés récemment. Les premiers essais ont eu lieu en présence de M. Thiers, sous-directeur des Chemins de fer de l'Etat, et des hauts fonctionnaires du réseau.

Le service normal électrique a été ouvert le 20 mars aux voyageurs. (*Les Chemins de fer et les Tramways.*)

La voie ferrée Tunisie-Algérie. — La liaison ferroviaire Tunisie-Algérie entre Tébessa et Kalâa-Djerda, les deux terminus actuels, est décidée depuis l'agrément des assemblées algériennes et tunisiennes. Le tronçon aura 58 km de longueur, dont 32 dans le département de Constantine et 26 en Tunisie. Mais en réalité, entre Tébessa et les gisements de phosphates du Kouif, près de la frontière tunisienne, 24 km sont exploités depuis une quinzaine d'années. Il n'y aura donc que 8 km à établir du côté de l'Algérie. Les chantiers sont actuellement au travail. On escompte l'achèvement complet de la ligne pour le courant de 1928. (*Les Chemins de fer et les Tramways.*)

Extension des chemins de fer électriques en Angleterre. — La Metropolitan-Vickers Electrical Co Ltd vient de recevoir une des plus importantes commandes de ce genre qui ait été passée en Angleterre pour la fourniture de matériel de chemins de fer électriques; cet ordre se rapporte à l'extension suburbaine du Southern Railway.

Il comporte : la fourniture de moteurs, combinateurs, appareils d'éclairage, de chauffage, de freinage, pour l'équipement de 116 convois de 3 voitures, et 47 convois de 2 voitures, tous pour trafic de voyageurs. L'importance de la commande est évaluée 600 000 livres; elle est du même ordre que celle reçue par la même compagnie pour la fourniture au Great Indian Peninsule Railway, de 41 locomotives de chacune 2600 ch. La totalité de l'équipement électrique de ces 2 commandes sera fabriquée aux ateliers que possède la compagnie à Trafford Park et à Sheffield. Les trains en service sur le réseau Southern sont à 3 voitures, dont les 2 extrêmes sont motrices. Cependant, pour certains besoins on associe 2 ou 3 de ces convois, ou encore, on assemble 8 voitures dont les 3 extrêmes de chaque côté du convoi sont sur le schéma de base, et les 2 du milieu, des wagons simples.

Cette compagnie a déjà fourni au même réseau de chemin de fer en 1914 : les moteurs et équipements de contrôle pour 84 convois de 3 voitures; en 1924 et 1925, les équipements de contrôle et appareillage auxiliaire pour 109 convois du même type et 59 convois à 2 voitures; en 1925, encore : l'équipement de 26 convois de 3 voitures et de 13 convois de 2 voitures, y compris les moteurs.

Le nouvel appareillage fourni sera semblable à celui des commandes précédentes. Chaque motrice comportera 2 moteurs de 275 ch étanche. Ces moteurs sont disposés sur les bogies sous la cabine de conduite, aux 2 extrémités du convoi. Comme la plupart des machines de ce genre, ils sont tétrapolaires, avec 4 pôles de commutation et 2 flux de balais, du type série, et pour 600 v, sous courant continu. Le combinateur est électrique. Les contacteurs principaux sont commandés par relais excités par la ligne et actionnés par le contrôleur principal de la cabine de conduite. Ce combinateur possède un levier de commande manuelle qui coupe automatiquement l'alimentation générale en faisant fonctionner le frein d'urgence, dès qu'il est abandonné par le conducteur. L'entretien de tout le matériel déjà installé et dont une certaine partie a déjà 12 ans de service, a pu s'effectuer à des prix de revient très abordables.

Le barrage sur le torrent Rochemolles, à Bardonnèche (Italie). — Pendant la guerre, l'Administration des Chemins de fer de l'État italien avait décidé la construction d'une usine hydro-électrique utilisant les eaux du torrent Rochemolles, à Bardonnèche, près de la frontière italienne. Le barrage, actuellement en voie d'achèvement, a été décrit par M. Ciro Grandi dans la *Rivista tecnica delle Ferrovie italiane*, du 15 novembre.

On avait prévu d'abord la construction d'un barrage à voûtes multiples, puis, pour plus de sécurité, on adopta un profil triangulaire évidé, auquel on renonça finalement à la suite de la catastrophe du barrage du Gleno pour décider que l'ouvrage serait constitué par un mur plein, à profil triangulaire, du type à gravité, de 50 m de hauteur maximum, légèrement arqué en plan, suivant un rayon de 316 m; la longueur développée en crête est de 250 m environ. L'ouvrage est en béton auquel sont incorporés environ 10 pour 100 de grosses pierres.

Digitized by Google

Le barrage est percé d'un système de puits et de galeries de drainage, destiné à éviter les infiltrations. Six joints de dilatation transversaux ont été établis dans la masse de l'ouvrage; ils comportent des plaques de cuivre assurant l'étanchéité. Deux conduites de décharge de fond, de 1,05 m de diamètre, permettent la vidange du réservoir. Un déversoir de superficie et trois siphons autonivellateurs assureront l'évacuation des eaux de crue.

L'ouvrage doit comporter un volume de maçonnerie d'environ 135 000 m³, dont 40 000 étaient en place en novembre dernier. (Le *Génie Civil* du 26 mars 1927.)

CHRONIQUE DES INSTALLATIONS

Usine hydroélectrique de la Virolle, sur la Corrèze. — Le *Journal officiel* du 5 mars 1927 publie le décret, en date du 23 février 1917, approuvant la convention en date du 25 juillet 1926 passée entre le ministre des Travaux publics, d'une part, et la Société chimique des Usines du Rhône, dont le siège est à Paris, 21, rue Jean-Goujon, d'autre part, ainsi que le cahier des charges imposé à cette dernière pour l'établissement et l'exploitation des ouvrages hydrauliques et de l'usine génératrice destinée à l'utilisation, sur la Vézère, de la chute d'environ 106 m entre les cotes 619 et 513.

La concession intéresse ainsi les communes de Lestards et Saint-Hilaire-les-Courbes, dans le département de la Corrèze.

La puissance maximum brute de la chute concédée est évaluée à 10 600 kw, ce qui correspond, compte tenu du rendement normal des appareils d'utilisation, à une puissance disponible de 7400 kw.

La puissance normale brute est évaluée à 5000 kw, ce qui correspond de même à une puissance normale disponible de 3500 kw.

L'entreprise a pour objet principal :

1° La fourniture d'énergie à des établissements industriels exploités ou à exploiter par le concessionnaire, principalement dans le département de la Corrèze;

2° Eventuellement, la vente de l'énergie au public, notamment dans le département de la Corrèze.

Le barrage ou la prise d'eau sera placé au lieudit « Bois-du-Gué ».

Le niveau normal de la retenue sera à la cote 618,8 m environ.

Le débit maximum emprunté sera de 10 m³ : sec.

Le débit maintenu dans la rivière en aval de la prise d'eau ne devra pas être inférieur à 10 litres : sec. Toutefois, le concessionnaire sera tenu, entre le 1er juillet et le 1er octobre, de laisser couler dans la rivière, en aval de la prise d'eau, tout le débit naturel, les dimanches et jours de fêtes légales, entre dix et six heures du soir.

Les eaux seront restituées au lieudit « la Goutte-au-Tour », en amont du moulin de Lauve.

Le barrage de prise aura environ 4 m de hauteur et formera déversoir des eaux de crues; il comportera un pertuis de déversement, avec vanne de fond.

La prise d'eau se fera par déversoir latéral; le canal d'amenée, à écoulement libre, prendra origine à ladite chambre d'eau; il aura une pente de 70 cm : km environ; il sera suivi de la chambre de mise en charge pourvue d'un déversoir de réglage.

L'usine sera établie sur les terrains de « la Goutte-au-Tour ».

Lignes électriques nouvelles. — *Aisne.* — La Société des Usines à Gaz du Nord et de l'Est a obtenu l'autorisation d'établir une ligne de transmission d'énergie électrique à haute tension entre Le Breuil et Château-Tierry.

Pas-de-Calais et *Aisne.* — La Compagnie électrique du Nord, 22, rue de l'Abbaye-des-Prés, à Douai, a obtenu l'autorisation de construire : une ligne aérienne de transmission d'énergie électrique à la tension de 15 000 v, partant du poste de transformation de Senercy et destinée à desservir les postes communaux de Serthenicourt et Alaincourt.

Seine-et-Marne. — La Société d'Energie industrielle, 94, rue Saint-Lazare, à Paris, a obtenu l'autorisation d'établir un tronçon de ligne d'énergie électrique à haute tension entre Egreville et Flagy.

Seine-et-Oise. — La Compagnie d'Electricité de l'Ouest-Parisien (Ouest-Lumière), 3, quai National, à Puteaux, a obtenu l'autorisation d'établir :

1° Une canalisation souterraine à la tension de 10 000 v, pour courant triphasé, destinée à l'alimentation d'un poste de transformation installé à la Direction des Recherches scientifiques et des inventions, à Meudon;

2° Diverses lignes à la tension de 15 000 v, destinées à l'alimentation des postes de transformation de Montfort-l'Amaury, de Méré à la gare de Montfort-l'Amaury, de Vicq et de Vicq-Bardelles.

Corrèze. — La Société d'Eclairage et de Force motrice de Brice a sollicité l'autorisation provisoire de construire immédiatement une ligne de transmission d'énergie électrique à haute tension destinée à l'alimentation du canton d'Ayen.

Moselle. — La Ville de Metz (Usine d'Electricité) a obtenu l'autorisation provisoire d'établir les lignes de transmission d'énergie électrique à la tension de 17 000 v suivantes :

1° De Coincy à Courcelles-Chaussey avec jonction sur Maizeroy;

2° De Belle-Tranche (commune de Borny) à Lauvallières;

3° De Belle-Tranche à Colombey.

CHRONIQUE FINANCIÈRE

Société d'Eclairage électrique du Secteur de la Place Clichy. — Les comptes de l'exercice 1926, qui ont été soumis à l'assemblée ordinaire du 24 mars 1927 se soldent par un bénéfice de 1 730 958 fr contre 1 726 939 fr en 1925.

Le conseil proposera de fixer le dividende à 68,90 fr par action de jouissance, le capital étant complètement amorti.

L'an dernier, le dividende avait été de 62,50 fr par action de capital et de 37,50 fr par action de jouissance.

Société centrale d'Électricité Paris-Province. — Cette société, au capital de 450 000 fr et dont le siège est à Paris, 75, boulevard Haussmann, a été déclarée en faillite par jugement du Tribunal de Commerce de la Seine. M. Derchen a été nommé juge commissaire et M. Laforge, liquidateur provisoire.

Société de Distribution d'Energie électrique du canton de Boissy-Saint-Léger. — D'après une insertion au *Bulletin*

Digitized by Google

des Annonces légales obligatoires, du 21 mars 1927, p. 232, cette société dont le siège est à Paris, 52, rue de Lisbonne, après examen des conditions dans lesquelles se fait l'émission en cours, et des nécessités financières auxquelles il conviendra de faire face pour réaliser les installations en vue, décide de porter le nombre des obligations à émettre de 9000 à 10000, soit le capital-obligations de 1800000 fr à 2 millions de francs.

Société du Secteur électrique de la Bastille. — Cette société au capital de 275000 fr et dont le siège est à Paris, 73, boulevard Haussmann, a été déclarée en faillite par jugement du Tribunal de Commerce de la Seine. M. Derchen a été nommé juge-commissaire et M. Laforge, liquidateur provisoire.

Société d'Energie électrique du Secteur Voltaire. — Cette société, au capital de 450000 fr et dont le siège est à Paris, 73, boulevard Haussmann, a été déclarée en faillite par jugement du Tribunal de Commerce de la Seine. M. Derchen a été nommé juge commissaire et M. Laforge, liquidateur provisoire.

L'Energie industrielle. — Les comptes de l'exercice 1926 se soldent par un bénéfice net de 8287666 fr. contre 5322130 fr, en 1925.

Le conseil proposera à l'assemblée ordinaire de porter le dividende de 10 pour 100 à 11 pour 100, soit 11 fr par action.

Société d'Eclairage électrique du Secteur de la Place Clichy. — L'assemblée ordinaire tenue le 24 mars 1927 a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice net de 1730958 fr, contre 1726939 fr en 1925.

Ce bénéfice a été réparti comme il suit : au conseil d'administration, 60000 fr; dividende de 68,90 fr à toutes les actions, soit 1653600 fr; report à nouveau, 17358 fr.

Société versaillaise de Tramways électriques et de Distribution d'Energie. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 qui font apparaître une somme de 1917498,52 fr au solde créditeur du compte de profits et pertes. La répartition de ce solde comprend un dividente de 15 fr aux actions de priorité non amorties, de 12,50 fr aux actions ordinaires et de 25 fr aux actions ordinaires, de priorité et de jouissance.

Compagnie des Tramways de Tunis. — Le bénéfice de l'exercice 1926 est de 1414200 fr contre 1001708 fr en 1925. Le conseil proposera à l'assemblée du 20 avril 1927 un dividende de 8,50 fr contre 6,50 fr précédemment.

Société du gaz et de l'Electricité de Marseille. — Les comptes de l'exercice 1926, qui seront soumis à l'assemblée ordinaire du 12 avril, se soldent par un bénéfice net de 4160618 fr, contre 1873756 fr.

Déduction faite des sommes affectées au paiement de l'acompte de dividende distribué le 22 décembre, le solde disponible ressort à 1923743 fr, auquel vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 74719 fr.

Le conseil proposera le maintien du dividende total pour l'exercice 1926 à 45 fr brut par action.

Compagnie centrale d'Énergie électrique. — Les comptes de l'exercice 1926, qui seront soumis à l'assemblée ordinaire du 26 avril, se soldent, après dotation de 7589300 fr, aux amortissements et de 4950000 fr au compte « renouvellement et grosses réparations » par un bénéfice net de 4416159 fr, contre 2724918 fr.

A ce bénéfice vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 607331 fr.

Le Conseil proposera de fixer le dividende à 55 fr par action.

Electro-caoutchouc. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 4 avril 1927, cette société en formation dont le siège est à Château-Chinon (Nièvre), a pour objet l'exploitation industrielle de toutes usines électriques et spécialement de celles apportées à la société, vente de courant électrique, exploitation de toutes usines de récupération du coton et du caoutchouc, exploitation des bois et sous-produits et toutes opérations industrielles, financières, commerciales, mobilières et immobilières.

La durée est de 99 années, à partir de la constitution définitive.

Le capital social est de 5 millions de francs, divisé en 10000 actions de 500 fr, dont 7500 attribuées aux apporteurs et 2500 à souscrire en numéraire et à libérer de la totalité à la souscription.

Société alsacienne de Constructions mécaniques. — Réunis le 28 mars 1927 en assemblée ordinaire, les actionnaires ont approuvé les comptes de l'exercice clos au 30 septembre 1926 se soldant par un bénéfice net de 21521500 fr, contre 21542400 fr en 1924-1925. Compte tenu du reliquat antérieur, le solde disponible s'est élevé à 23675592 fr, contre 23576246 fr précédemment.

Le dividende a été fixé à 14 pour 100, soit 140 fr brut par action ancienne, contre 160 fr l'an dernier; les 38250 actions nouvelles, émises en cours d'exercice, reçoivent la moitié de ce dividende.

Il a été affecté 5 millions de francs à la provision pour éventualités diverses, 5 millions de francs aux amortissements extraordinaires et 1500000 fr à la caisse de pensions et fonds de secours pour ouvriers. Une somme de 2519666 fr a été reportée à nouveau.

Etablissements Gaiffe-Gallot et Pilon. — Dans sa séance du 25 mars 1927, le conseil a arrêté les comptes de l'exercice 1926 qui font ressortir un bénéfice net de 1727771 fr contre 1266956 fr en 1925.

Le Conseil proposera à la prochaine assemblée ordinaire de porter le dividende de 11 pour 100 à 12 pour 100.

Société hydroélectrique de la Cère. — Une assemblée extraordinaire, tenue récemment, a régularisé l'augmentation du capital de 50 millions de francs le portant à 100 millions de francs par l'émission au pair de 50000 actions nouvelles de 1000 fr chacune, dont 5000 de priorité ayant droit à 5 voix par action dans les assemblées et 45000 ordinaires.

Société pyrénéenne d'Énergie électrique. — Une assemblée extraordinaire, tenue récemment, a décidé l'augmentation du capital de 5 millions de francs par la création de 10000 actions nouvelles de 500 fr, attribuées à divers apporteurs.

Ces actions nouvelles auront droit à un dividende maximum de 7 pour 100; par contre, chacune de ces actions aura droit à 10 voix dans les assemblées générales.

Compagnie du Secteur électrique des voûtes d'Alger. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 21 mars 1927, cette société dont le siège est à Paris, 94, rue de la Victoire, va procéder à une augmentation de capital de 500000 fr, destinée à porter le capital social à 1500000 fr par la création de 5000 actions nouvelles, de 100 fr émises avec une prime de 70 fr et remboursées immédiatement de 20 fr, de façon à assimiler les actions nouvelles aux actions anciennes.

Ces actions nouvelles seront créées jouissance du 1er janvier 1927.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

Tables et Recettes du Mécanicien et de l'Electricien, par René Champly. — Un volume 12 cm × 18 cm, 432 pages. — Prix : broché 32 fr. — *Librairie Polytechnique Ch. Béranger.* Editeur.

Plus de 200 tables de calculs faits et de renseignements d'utilité journalière font de ce livre un auxiliaire précieux et indispensable aux constructeurs et aux monteurs mécaniciens et électriciens ; on y trouve rassemblés les documents essentiels dont la recherche dans les traités spéciaux fait souvent perdre un temps précieux.

Un grand nombre de *trucs*, *recettes* et *procédés de travail*, inédits ou peu connus, des chapitres sur les *gommes synthétiques* et leurs divers emplois comme agglomérants ou isolants sont du plus grand intérêt d'actualité.

La consciencieuse et exacte rédaction de ces *tables et recettes* rend ce volume nécessaire à l'industriel aussi bien qu'au contremaître et à l'ouvrier qui désire s'instruire.

Une table alphabétique permet d'y trouver instantanément le renseignement désiré.

Mouvements perpétuels, par J. Michel. — Un volume 14 cm × 22 cm, 60 pages. — Prix : 8 fr. — *Desforges, Girardot et Cie* Editeurs.

On peut se demander ce qui a pu motiver la publication de ce livre puisque chacun sait que les mouvements perpétuels sont irréalisables. C'est que de nombreux inventeurs croient toujours arriver à les découvrir et ne serait-ce que pour leur montrer leur erreur, ce livre est destiné à leur rendre service en leur évitant des frais en pure perte.

Dans la complète « bibliographie » terminant son curieux ouvrage, l'auteur cite plus d'une douzaine de volumes publiés en anglais et en allemand sur les multiples mouvements perpétuels qu'imaginèrent tant d'inventeurs, alors que rien ne fut encore publié en français. C'est donc une véritable lacune qui est comblée, de la plus heureuse manière, par cet ouvrage de lecture très facile et d'une exceptionnelle richesse d'illustration : il y a plus de gravures que de pages, si bien qu'il suffit de feuilleter le volume pour passer en revue la centaine de curieux mécanismes, chimériques sans doute, mais intéressants, qu'élaborèrent infructueusement les inventeurs de mouvements perpétuels.

Comment on devient Electricien-Mécanicien,
par René Champly.

Tome I. — Généralités. Dynamos. Moteurs. Alternateurs. Transformateurs. Dérangements aux machines. Réparations. Démarreurs. Tableaux. Accumulateurs.

Un volume 11 cm × 28 cm., de 305 pages. — Prix : broché 28 fr.

Tome II. — Lignes électriques. Mesures des résistances et isolements. Protection des installations. Eclairage et chauffage. Applications domestiques et industrielles. Tramways, automotrices et locomotives. Installations chez les abonnés aux secteurs publics. Transmissions. Sonneries. Téléphones. Plans de pose. Paratonnerres.

Un volume 12 cm × 18 cm de 325 pages. — Prix : broché 28 fr. — *Librairie Polytechnique Ch. Béranger.* Editeur.

L'ouvrier qui sait poser les lignes électriques et l'appareillage usuel se dit *Electricien* ; celui qui sait installer et entretenir en bon état de marche les moteurs électriques, les transformateurs et leurs accessoires peut se dire *Electricien-Mécanicien*.

C'est pour l'instruction de ces spécialistes que ces deux volumes sont écrits ; les techniciens comprennent le langage simple et commode des formules algébriques, mais l'ouvrier a besoin d'explications élémentaires dépourvues d'abstractions qui ne lui diraient rien ; c'est pourquoi l'auteur a évité, presque absolument, l'emploi des formules qu'il a remplacées par des *tableaux de calculs faits* donnant tous les renseignements nécessaires pour l'établissement des installations de moyenne importance.

Un chapitre sur les *transmissions et les courroies*, un autre sur les *pompes et leurs tuyauteries*, et de nombreux *plans de montage* pour *moteurs*, *accumulateurs*, *lumière*, *sonneries* et *téléphones* font de ces deux volumes une sérieuse Encyclopédie du Praticien Electricien.

Digitized by Google

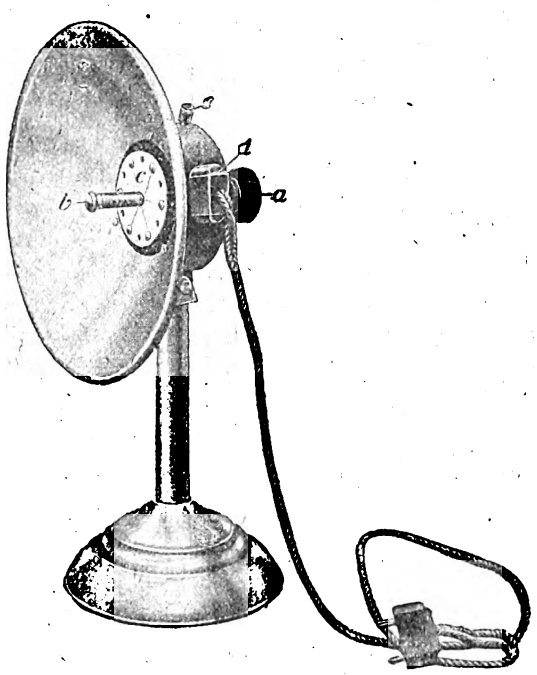
L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

N° 837 SUPPLÉMENT 10 Mai 1927.

APPAREILS NOUVEAUX

Il nous a paru intéressant de signaler ici deux appareils nouveaux appelés à se répandre et à rendre des services chacun dans sa catégorie. Tous deux utilisent les courants continus ou alternatifs industriels.

Le Fotofil. — Tout le monde connaît l'emploi du magnésium en poudre ou en cartouches pour obtenir la nuit ou dans les endroits obscurs une lumière ou un « éclair » suffisant pour pouvoir photographier des objets même en mouvement.



Le magnésium a l'inconvénient de laisser un nuage de fumée blanche qui est constitué par de la magnésie en poudre retombant ensuite sur les objets. On a cherché à remplacer l'éclair au magnésium par celui provenant de la volatilisation par le courant électrique d'un fil d'aluminium, c'est le principe du « Fotofil ».

Cet appareil comporte un disque de carton *c* sur lequel sont tendus suivant des rayons des fils d'aluminium de deux ou trois dixièmes de millimètre de diamètre. On monte ce carton au centre d'un support en forme d'un réflecteur qui contient un ressort que l'on arme comme un mouvement de réveil, puis on relie par un fil souple l'ensemble à une canalisation à 110 ou 220 v tout en laissant dans la pièce l'éclairage existant.

Aussitôt l'appareil photographique prêt, c'est-à-dire objectif et châssis ouvert, on appuie sur une détente. Un distributeur entraîné par le ressort envoie le courant successivement dans les divers fils qui se volatilisent en donnant lieu à un éclair extrêmement photogénique et la photographie est prise.

Pour reprendre un nouveau cliché il n'y a qu'à mettre un autre carton et à armer l'appareil. C'est simple et de bon goût. Il est à remarquer que sur le courant alternatif tous les fils ne sont pas toujours volatilisés, car il peut se faire qu'il y en ait (un ou deux) qui soient mis en circuit lorsque le courant passe par zéro, mais comme l'opération dure plus d'un cinquantième de seconde, d'autres fils sont volatilisés quand le courant atteint son maximum en sorte qu'il n'y a pas de ratés.

Indicateurs de défauts pour canalisations électriques. — *Le Détective R. R.* — Toutes les canalisations électriques possèdent des appareils dits de protection; disjoncteurs automatiques ou coupe-circuit munis de fusibles, appareils dont le but est d'éviter qu'il ne se produise des surintensités toujours nuisibles pour les machines productrices ou réceptrices de courant et pour les canalisations elles-mêmes.

Le courant se trouvera donc interrompu et ne pourra être renvoyé dans les conducteurs que si la cause de cette surintensité a disparu. Si cette cause persiste, une visite de la canalisation s'impose alors.

Cette visite sera plus ou moins facile et demandera plus ou moins de temps selon le genre et l'importance de cette canalisation surtout si c'est une distribution d'un réseau public.

Aussi, afin de faciliter ces recherches et d'en diminuer la durée au minimum, était-il intéressant de construire un appareil peu encombrant et peu coûteux pouvant sans inconvénient être multiplié le plus souvent possible, et s'adapter très rapidement et en quelques minutes sur les conducteurs dont on veut vérifier la marche.

Un constructeur du Nord, M. Ch. Demont à Lille, a proposé dans ce but un appareil simple et robuste, ne comportant aucun organe déréglable, ressorts ou autres pièces semblables, inoxydable, toutes les pièces étant en laiton, à l'exception des pièces formant circuit magnétique, celles-ci étant cuivrées et peintes. Il ne demande aucune surveillance ni entretien et ne peut être cause de perturbation quelconque.

Appareil pour canalisations souterraines. — Sur un conducteur (1) sont montées deux plaques en métal magnétique fer acier (2), enserrant ledit conducteur et maintenues assemblées à l'une de leurs extrémités, par exemple à l'aide de vis en fer (3), ou autre métal magnétique qui sont placées comme indiqué en figures 1 et 3. Ces plaques qui ne se rejoignent pas sont assemblées à l'autre extrémité par une vis (4) en laiton ou métal non magnétique.

Entre l'une des plaques 2 et le conducteur, est serré un bras 5 portant à sa partie supérieure un court tube 11 qui sert de coussinet à la pièce 6.

Cette dernière est un étrier en métal magnétique en forme d'U.

Digitized by Google

Cette armature porte à la partie supérieure un contrepoids 7 et en son côté une tige sur laquelle est fixé un voyant 10 constitué par un léger disque en métal peint d'une couleur vive.

Au repos, et tant que le courant qui circule, dans le conducteur 1, n'offre rien d'anormal les éléments occupent la position indiquée en figure 1 le voyant 10 étant caché derrière la plaque guide 8, cette plaque servant en même temps à régler la position de l'étrier 6 par rapport aux plaques 2 et 2.

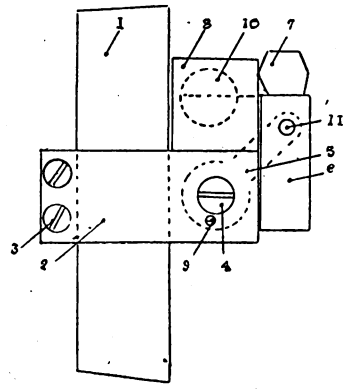


Fig. 1.

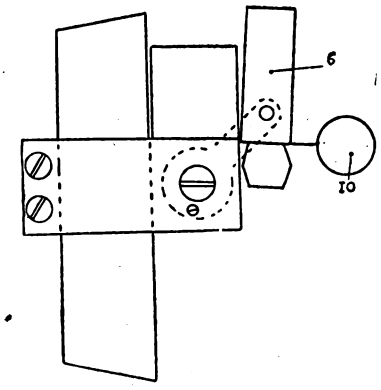


Fig. 2.

Lorsque pour une raison quelconque par exemple par suite d'un défaut dans un circuit électrique, l'intensité augmente, le flux dans les pièces 2 augmente aussi et pour se former ce flux ne trouvant que l'étrier 6, attire celui-ci qui entraîné par

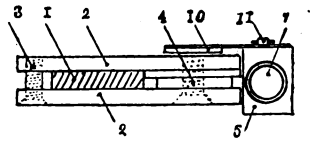


Fig. 3.

son contrepoids 7, bascule autour de son axe 11 et vient occuper la position de la figure 11.

Le disque 10 est alors nettement visible.

L'appareil a donc fonctionné et indique un passage anormal de courant en cet endroit du conducteur.

Pour remettre en position de fonctionnement l'indicateur de défauts, il suffira, à l'aide d'une perche isolante, de faire faire à l'étrier le chemin inverse qu'il vient de parcourir.

A chaque point de sectionnement du câble, c'est-à-dire que chaque fois que le câble, sortira du sol pour passer en des postes dits de sectionnement, on placera cet appareil à raison d'un par conducteur. En cas de défaut sur ce câble, on visitera ces postes en partant de la source; le tronçon mauvais sera donné par le dernier indicateur qui aura fonctionné et le premier qui n'aura pas fonctionné.

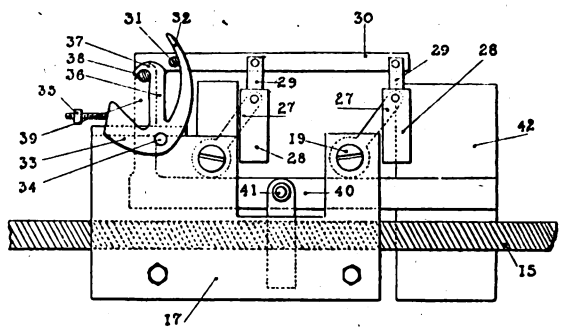


Fig. 4. — Appareil armé.

Appareils pour canalisations aériennes. — On ne pouvait songer à employer l'appareil décrit ci-dessus pour lignes aériennes. Il fallait un appareil pouvant supporter les intempéries et ne fonctionnant pas intempestivement par saut de vent au balancement du câble. Dans ce système, il y a également 2 plaquettes en un métal magnétique 17, serrées sur le conducteur 15 à protéger par des boulons ou vis 18 également en un métal magnétique, présentant la forme visible en figure 4 et 5. Ces plaquettes sont maintenues assemblées à

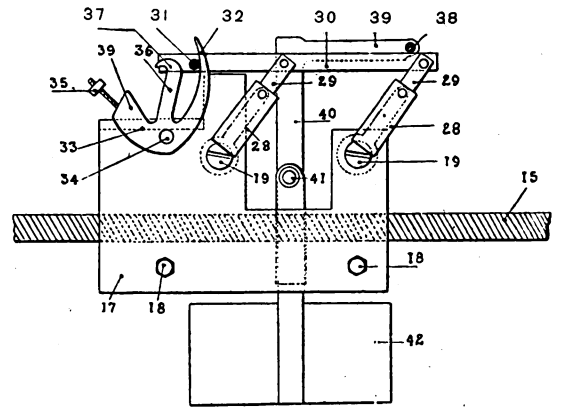


Fig. 5. — Appareil déclanché.

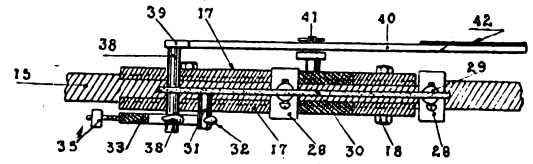


Fig. 6.

leurs parties supérieures par des vis en laiton 19 ou métal non magnétique et lesdites vis supportent des bras rigides 27 sur chacun desquels est articulé un étrier 28 en métal magnétique. A la partie supérieure des étriers 28 sont montées des chapes 29 sur lesquelles s'articule une traverse 30 portant, près d'une de ses extrémités, un téton d'arrêt 31 constituant en même temps un élément de commande, d'une corne 32 réservée sur une pièce basculante 33 articulée en 34 sur les plaquettes 17 et munie d'un contrepoids réglable 35. Cette

Digitized by Google

pièce 33 comporte un bras 36, terminé par un croc 37, formant dispositif de retenue d'un tenon 38; ce tenon est monté à l'extrémité recourbée 39 d'un bras 40, articulé en 41 sur une chape portée par les plaquettes 17 et portant à son extrémité libre un voyant 42.

Le fonctionnement est le suivant :

Au repos et lorsque le courant circulant dans le conducteur 15 ne dépasse pas une valeur déterminée d'avance, les organes occupent la position représentée en figure 4, le tenon 38 étant retenu par le croc 37 pour maintenir en position relevée (fig. 4) le voyant 42.

Lorsque pour une raison quelconque, l'intensité augmente d'une manière inadmissible dans le conducteur 15, le flux magnétique développé dans les plaquettes 17 détermine le pivotement des étriers 28 qui viennent dans la position représentée en figure 2, provoquant ainsi un déplacement vers la droite de la traverse 30. Le téton 31 dans ce mouvement fait basculer la pièce 33 pour l'amener dans la position figure 5 en effaçant ainsi le croc 37 devant le tenon 38.

Le voyant 42, entraîné par son poids, bascule autour de l'axe 41 pour venir occuper la position représentée en figure 2. Ce voyant est de dimensions assez grandes pour être remarqué du sol. Le voyant reste dans cette position indiquant clairement la production d'un défaut, jusqu'à ce qu'on l'ait ramené dans la position de la figure 4.

Pour cela, on repousse à l'aide d'une perche le voyant 42 pour le faire basculer autour de son axe 41 jusqu'à ce que le tenon 38 vienne appuyer contre le bord 39 de la pièce 33; provoquant ainsi son retour dans la position figure 4, ramenant avec elle la traverse 30 qui replace les étriers 28 dans leur position primitive. Lorsqu'on abandonne le voyant 42, son tenon 38 vient s'engager sous ce croc, et le dispositif est prêt pour un autre fonctionnement.

On placera cet indicateur de préférence près d'un support de façon que la remise en position (fig. 4) s'effectue aisément.

Cet appareil est construit pour être placé au dehors et quoique les pièces soient en métal inoxydable, il a été prévu de lui adapter un capot recouvrant l'ensemble du système, le protégeant contre les intempéries et surtout contre la neige et le verglas.

Pour une canalisation traversant la campagne, la pose de cet appareil aux traversées de route s'impose, car il limitera les recherches à une portion de ligne, donc minimum de dégâts aux cultures, dont les réclamations des propriétaires sont toujours ennuyeuses, pas de pertes de temps, suppression ou réduction des gardes-lignes, remise en état rapide de la ligne, sans compter l'impression morale sur la clientèle pour les arrêts longs et fréquents.

Pour un câble souterrain, le tronçon malade sera tout de suite découvert, grâce à l'indicateur de défaut. Une simple visite dans les postes intéressés et l'on sera renseigné sans opérer des mesures d'isolement nécessitant le sectionnement de la canalisation : opération qui demande du temps, si surtout l'incident se produit de nuit.

Adresses des appareils décrits :

Le « Fotofil », 5, avenue du Roule, Neuilly-sur-Seine.

Le « Détective RD » M. Ch. Demont, 52, rue des Ponts-de-Comines, Lille.

CHRONIQUE FINANCIÈRE

Société électrique de l'Ouest de la Creuse. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 4 avril 1927, p. 226, cette société dont le siège est à Bénévent-l'Abbaye, va procéder à l'émission de 1160 actions nouvelles de 250 fr chacune.

Compagnie du chemins de fer métropolitain de Paris. — Les comptes de l'exercice 1926 font ressortir un solde bénéficiaire de 14060165 fr contre 15714658 fr en 1925. Le conseil proposera le maintien du dividende à 35 fr par action de capital et 27,50 fr par action de jouissance. Au bilan, les comptes de premier établissement à la date du 31 décembre 1926 atteignent 451265147 fr; les disponibilités, 90785683 fr; les débiteurs divers 25205755 fr et les approvisionnements 14859425 fr, en regard de 98160208 fr de créditeurs divers.

Constitution. — Radio-Lyon-Emissions. — Nouvellement constituée, cette société anonyme a pour objet, dans les départements du Rhône, Ain, Haute-Savoie, Savoie, Isère, Drôme, Ardèche, et Loire, l'organisation, l'installation, l'exploitation et l'entretien de stations ou postes d'émissions radiotéléphoniques, et, en tous pays, l'achat, la vente, la location, l'installation et l'entretien de tous appareils récepteurs desdites émissions. Le siège est à Lyon, 25, rue Neuve. Le capital est de 400000 fr en actions de 100 fr, sur les quelles 500 ont été attribuées à la Société Dubanchet et Trolliet, à Lyon, 127, rue Pierre-Corneille, et 500 à la Compagnie française de Radiophonie, à Paris, 79, boulevard Haussmann.

Compagnies réunies de gaz et d'Électricité. — Le conseil vient de décider de proposer à la prochaine assemblée ordinaire d'augmenter de 2 fr le dividende de l'exercice 1926, pour le porter à 11,50 fr par action ancienne amortie de 25 fr; 13 fr brut par action nouvelle entièrement libérée à l'origine; 11875 fr brut par action nouvelle entièrement libérée en 1926 et 1927 et 8,50 fr brut par action nouvelle libérée de 25 fr.

Société algérienne d'Eclairage et de Force. — Les comptes de l'exercice 1926, qui seront soumis à l'assemblée ordinaire du 26 avril 1927, se soldent, après affectation de 4934707 fr aux amortissements et de 2500000 fr au compte renouvellement et grosses réparations, par un bénéfice net de 4311494 fr contre 3695542 fr. A ce bénéfice vient s'ajouter le rapport de l'exercice antérieur, soit 571275 fr.

Le conseil proposera de maintenir le dividende à 12 pour 100 ou 30 fr par action.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

Les alternateurs industriels, par L. Barbillion et P. Bergeon. Un vol. 17 cm × 26 cm, 500 pages. — Prix : 55 fr. — *Albin Michel*, Editeur.

Est-il besoin de recommander la lecture de ce nouvel ouvrage du maître réputé qu'est M. Barbillion auquel est associé le nom de M. Bergeon également professeur à cet Institut Electrotechnique de Grenoble qui a fourni déjà une pléiade d'ingénieurs? S'il est un sujet vaste et important à l'heure actuelle, c'est bien celui de la construction et de l'emploi des alternateurs, ces machines formant aujourd'hui la base de toutes les grandes usines centrales.

Comme le veut l'usage adopté dans la collection des ouvrages de l'ingénieur-mécanicien-électricien qu'édite avec tant de soin la librairie Albin Michel, les auteurs se sont astreints à rester aussi éloignés de conceptions théoriques et de calculs sans appui sur l'expérience, que de développements uniquement pratiques et empiriques, développements relevant du domaine des archives des ateliers de construction, énoncés de véritables tours de main résultant d'expériences cuisantes, plutôt que déduits de théories réellement dignes de de ce nom.

On retrouvera avec plaisir dans cet ouvrage la partie classique relative aux spécifications, aux projets et à la construction des alternateurs nouveaux, dans un texte, remis au goût du jour et remanié suivant les nécessités actuelles, provenant des deux ouvrages, « Les Alternateurs industriels » et « La Construction des Alternateurs », déjà parus dans la même collection.

Par contre, les types récents, les turbo-alternateurs, en particulier, sont étudiés très en détail et sous une forme nouvelle dans ce dernier ouvrage. Bien que les progrès dans cette matière soient incessants et tellement rapides qu'ils déjouent toutes les prévisions, la partie du travail qui leur est consacrée constitue une base d'étude qu'on trouverait difficilement ailleurs. A propos des progrès réalisés dans la construction des générateurs à turbine et pour en concrétiser l'intérêt, rappelons, d'après la *General Electric Review* de janvier 1927, les étapes véritablement stupéfiantes dans ce domaine parcourues depuis environ vingt-cinq ans dans les seuls Etats-Unis :

Les puissances maxima ont été successivement les suivantes :

8000 kw en 1906; 14000 en 1908; 20000 en 1911; 35000 en 1915; 45000 en 1917; 60000 en 1924; 77000 en 1926.

Sont actuellement en construction :

Une unité de 91500 kw pour 1927; une unité de 94000 kw pour 1928; une unité de 208000 kw pour 1929.

Ainsi, il est question de turbines de 280000 chevaux! Cependant, qu'on ne s'abuse pas sur les difficultés d'établissement de tels monstres. Ils se composent d'unités accouplées dont la pratique d'établissement est déjà acquise et complètement mise au point.

Qu'on excuse cette incidente, étant donné l'intérêt du sujet...

Conçu suivant une méthode pédagogique qui, depuis nombre d'années, a su imposer sa valeur, et écrit avec aisance, l'ouvrage de MM. Barbillion et Bergeon sera, comme ses prédécesseurs, éminemment utile à tous ceux que préoccupent, et aussi qui doivent utiliser, les nouveaux procédés de la technique électrique.

Transformateurs de puissance, par Marcel Mathieu. — Un vol. 12 cm × 19 cm, 300 pages. — Prix : 18 fr. — *Librairie scientifique Albert Blanchard.*

Dans cet ouvrage, élément d'une encyclopédie électrotechnique, l'auteur a voulu surtout être utile. Dans ce but il a cherché la nouveauté et la précision. Sans vouloir répéter les théories générales que l'on trouve dans tous les cours d'électrotechnique, l'auteur a cherché à présenter le sujet dans sa réalité industrielle.

L'ouvrage se divise en deux parties : dans la première le lecteur trouvera des données pratiques, des règles de construction indispensables, des chiffres précis applicables aux transformateurs de puissance.

La seconde partie est consacrée au calcul des bobines d'inductance, elle forme un recueil de formules établies par d'éminents physiciens et contient en outre des méthodes de calcul de l'inductance des bobinages.

Edité avec soin, contenant des schémas clairs et de nombreux tableaux cet ouvrage aura sa place dans toutes les bibliothèques industrielles.

Mesures électriques, par Jean Granier. — Un vol. 200 pages 11 cm × 17 cm. — Prix broché : 9 fr. — *Collection Armand Colin.*

M. Granier, préoccupé de faire un livre pratique, au courant des dernières méthodes, a délibérément proscrit de son exposé les appareils désuets qui n'ont plus qu'un intérêt historique; par contre, il insiste sur les montages modernes dont il discute les avantages ou les inconvénients, en ayant soin d'indiquer l'approximation que peut donner chaque type d'appareil.

Pour chaque quantité à mesurer, le livre indique un grand nombre de méthodes reposant sur des principes différents. De sorte que le lecteur, même s'il ne dispose que d'un matériel restreint, est toujours sûr de trouver exposé dans le livre le montage qui lui convient et la meilleure manière de le mettre en œuvre. De nombreuses figures éclairent le texte.

Regrettons simplement que l'auteur n'ait pas cru devoir rappeler les noms des principaux savants ou ingénieurs auteurs des méthodes qu'il indique.

Pour ne citer qu'un exemple il est dommage que les jeunes générations ne voient pas le nom de M. Blondel associé à l'oscillographe et celui d'Hospitalier à l'ondographe et bien d'autres encore.

DISTINCTIONS HONORIFIQUES

Parmi les dernières nominations dans l'Ordre national de la Légion d'honneur nous sommes heureux de relever le nom de notre excellent confrère M. Michel Coissac, Directeur du «Cinéopse» et auteur de l'*Histoire du cinéma*. M. Michel Coissac, qui fut président de la presse cinématographique, mène depuis de longues années un fervent combat pour le film français. Ses ouvrages de documentation montrent qu'il est non seulement un érudit, mais aussi un écrivain. La distinction qui l'honore est donc une nouvelle preuve que le gouvernement s'intéresse aux cinégraphistes français.

Digitized by Google

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

N° 838 **SUPPLÉMENT** **25 Mai 1927.**

Le centenaire de deux précurseurs : VOLTA et BERTHELOT.

VOLTA

Chaque année, la réunion annuelle de la Commission Electrotechnique Internationale a lieu dans un pays différent.

Cette année, tenant à commémorer d'une manière spéciale le centenaire du grand électricien Volta, le Comité Electrotechnique Italien a manifesté le désir, qui se verra sans nul doute réalisé, de voir se réunir les divers comités électrotechniques en 1927 à Côme, ville natale de Volta, et à Rome.

Le grand physicien Alexandre Volta est mort à Côme, dans le Milanais, le 5 mars 1827; il y était né en 1745.

Il fut nommé très jeune régent de l'Ecole royale de Côme, puis occupa la chaire de professeur de physique et s'absorba rapidement dans les recherches sur l'électricité.

Il imagina, en premier lieu, l'électrophore, à l'aide du gâteau de résine encore connu de nos jours dans les cabinets de physique d'enseignement et qui, après avoir été frotté à l'aide d'une peau de chat, permettait de conserver, dans un disque métallique placé sur ce gâteau de résine, l'électricité produite. C'est lui aussi qui inventa le condensateur.

En 1776, il fit de nombreuses recherches sur la nature et la composition du méthane, non encore connu sous ce nom, mais que Volta trouvait dans les marais, en se rendant compte de son inflammabilité.

Ses recherches l'amenèrent à l'eudiomètre, appelé également le « voltamètre », que tout le monde connaît et qui est le petit appareil permettant de décomposer l'eau en ses éléments à l'aide du courant électrique.

Il imagina ensuite la lampe-perpétuelle ou à gaz d'hydrogène et le pistolet électrique ou de Volta, dans lequel il introduisait des mélanges d'air et d'hydrogène ou d'oxygène et d'hydrogène, dont ensuite il provoquait la déflagration sous l'influence de l'étincelle électrique. Cette expérience, après tant d'années, est toujours utilisée dans l'enseignement.

En 1777, Volta fit quelques visites dans les pays limitrophes. Il visita Berne et le professeur Haller, qui donnait le cours de sciences naturelles à l'Université. Il rendit visite à de Saussure, le grand naturaliste et physicien, professeur de philosophie expérimentale à l'Académie de Genève (de Saussure est l'inventeur de l'hygromètre à cheveux, du cyanomètre permettant de mesurer l'intensité de la couleur bleue de l'atmosphère, d'un anémomètre, d'un eudiomètre).

Il rendit visite à Voltaire, à Ferney. On prétend également qu'il rapporta, ce qui nous éloigne du domaine électrique, la pomme de terre à ses compatriotes.

En 1780, Volta entreprit un voyage en France, en Allemagne, en Hollande et en Angleterre. C'est pendant cette absence, qui dura deux ans, qu'il travailla, en même temps que Lavoisier et Laplace, à la découverte de la cause de la production de l'électricité atmosphérique.

Malheureusement, cette découverte fut la raison de polémiques assez vives et de revendications acerbes entre les deux savants français et Volta.

Les biographes, cependant, sont d'accord pour classer Volta parmi les savants pratiquant la courtoisie et la plus grande aménité, possédant une grande patience et offrant aux contestations et critiques inévitables à tout ce qui est nouveau, le plus grand courage et la plus grande ténacité, désarmant les critiques et les jalousies qui assaillent tout novateur ou tout inventeur.

En 1786, Galvani, physicien et médecin, né et mort à Bologne (1737-1798), qui occupait la chaire d'anatomie à l'Université de sa ville natale, fit sa fameuse découverte très connue, une des plus belles découvertes de physique par ses conséquences.

Ayant posé sur le plateau d'une machine électrique qu'il employait pour ses essais, quelques grenouilles écorchées, un de ses assistants approcha, par inadvertance, la pointe d'un scalpel des nerfs crureaux; on constata avec stupéfaction que tous les muscles furent sujets à des agitations marquées.

Galvani répéta cette expérience à de nombreuses reprises et constata la même convulsion. Il crut donner l'explication de ce phénomène en disant que les grenouilles renfermaient une électricité particulière.

C'est vers 1792 que Volta, en considérant l'observation assez curieuse faite par Galvani, s'attacha à cette question et fut conduit par ses recherches à d'habiles déductions, annonciatrices de la découverte de la pile.

Galvani ne se rendit jamais à l'évidence, tandis que Volta, continuant ses investigations, démontrait que le fluide supposé n'existait pas et que l'électricité trouvait simplement un chemin conducteur dans les nerfs et les muscles, que l'on pouvait remplacer, par exemple, par des bandes de drap mouillé.

Vers 1800, Volta imagina la pile à deux métaux, dénommée, encore de nos jours, pile Volta. Il l'avait désignée sous le nom d'organe électrique artificiel; cette dénomination sera comprise si l'on veut se souvenir que l'on connaissait déjà à cette époque les poissons appelés « torpilles », rencontrés dans la Méditerranée, dans l'Atlantique, dans l'océan Indien, etc., qui possèdent, ainsi que l'on sait, un appareil électrique entre la base de la tête, les branchies et les nageoires ventrales, et que l'on appelait « organe électrique naturel ».

Peu à peu cependant, cette dénomination trop longue d'organe électrique artificiel, disparut et fit place au nom de « pile », nom dérivant de la forme donnée par Volta à ce dispositif. Celui-ci, en effet, était essentiellement constitué de disques en cuivre et en zinc, séparés les uns des autres par des rondelles de drap ou de carton imprégnés d'eau acidulée et « empilés » entre trois colonnettes en verre.

On constata que la force électromotrice décroissait assez rapidement; Volta pensa pouvoir attribuer cet effet à la dessiccation des disques inter-métaux et tenta d'y remédier en mettant les lames de cuivre et de zinc dans un récipient rempli d'eau acidulée, alors que cette diminution de force électromotrice était simplement due à la pression des disques

Digitized by Google

métalliques, exprimant le liquide acide du drap ou du carton, le faisant ruisseler à la surface des couples et formant ainsi des chemins conducteurs.

Peut-être pourrait-on trouver exagéré les admirateurs du grand électricien disant que, sans cette découverte, l'électricité n'existerait pas encore. Cependant, il faut reconnaître l'essor donné par les découvertes de Volta à la physique, et on peut le considérer comme un des créateurs et le fondateur de la science électrique.

Bonaparte, général et premier consul, dont il convient de souligner l'appui qu'il tenait à donner aux choses de l'intelligence, prenant connaissance de la découverte de Volta lors d'une démonstration faite à l'Institut devant les savants français, en fut émerveillé.

Cet émerveillement eut comme résultat, sans qu'il veuille perdre de temps en examen plus détaillé et en consultation de ses collègues de l'Institut, de voir Volta recevoir immédiatement la grande médaille d'or et une somme de 6000 fr.

Le futur Napoléon ne s'en tint pas là ; quelques semaines après, ayant pris la présidence de la République italienne, Bonaparte appelle Volta à Paris, le pensionne, le nomme comte et sénateur d'Italie. Il désigne Volta comme titulaire d'une chaire de physique, qu'il crée à l'Université de Pavie.

Quelques années après, peut-être vers 1804, pour des raisons de santé, Volta désire abandonner cet enseignement. L'empereur, voulant lui donner une preuve nouvelle de son admiration, n'accepte pas sa démission et lui demande de rester titulaire de la chaire créée pour lui, même s'il ne donne qu'une leçon par an, prétendant, dans son style militaire : « qu'un bon général doit mourir au champ d'honneur ».

En 1819, il cessa cependant de professer à l'Université de Pavie, âgé donc de soixante-quatorze ans.

A partir de cette date, il n'entretint plus de relations avec le monde savant et se retira à Côme, où il s'éteignit, comme nous l'indiquions plus haut, le 5 mars 1827.

Ces quelques lignes montreront suffisamment la grande valeur de Volta au point de vue science, et spécialement au point de vue électrique, et feront approuver le désir légitime du Comité Electrotechnique Italien de voir se réunir à Côme, cette année, la Commission Electrotechnique Internationale.

La fierté que trouvera l'Italie à glorifier Volta devant les délégués du monde entier sera comprise aisément, et un hommage unanime sera rendu sans réserve à un des hommes personnifiant le génie humain et la belle science qu'est l'électricité.

On se souviendra qu'en 1869, Zénobe Gramme, Belge des environs de Huy, ainsi que l'on sait, qui s'était fixé à Paris, fut honoré du prix Volta de 50 000 fr, institué pour récompenser la découverte la plus importante en électricité.

Ce prix lui fut accordé à la suite du rapport de M. Mascart, membre de l'Institut de France, auquel Zénobe Gramme avait présenté sa dynamo.

Et si Volta reste le grand savant dont aucun électricien, chimiste, homme de science ou technicien ne peut ignorer le nom, puisqu'il doit vivre au milieu des volts, des voltmètres, des voltampères, d'arc voltaïque, de voltaïsme, etc., ce n'est pas sans une grande satisfaction que nous voyons son nom associé dans les unités pratiques à celui d'Ampère, cet immortel savant français.

BERTHELOT

Nous vivons tous un peu de Marcelin Berthelot.
FRANCIS CHARMES.

Marcelin Berthelot est l'un des fondateurs de la chimie moderne. « C'est, a proclamé le célèbre physico-chimiste Nernst, un des plus grands chimistes de tous les temps. »

Une heureuse coïncidence d'anniversaire permet donc de réunir les auteurs de travaux remarquables et de la plus grande importance dans l'évolution des deux sciences : l'Electricité et la Chimie.

L'anniversaire centenaire de Marcelin Berthelot sera célébré cette année à Paris, en octobre vraisemblablement.

Son œuvre est d'une telle ampleur, la valeur scientifique de l'homme si grande, qu'il paraît bien difficile de prétendre à la faire voir sous son vrai jour, en quelques notes résumées.

Marcelin-Pierre-Eugène Berthelot naquit place de Grève, le 25 octobre 1827. Cette place de Grève vit s'ériger sur son emplacement l'actuel hôtel de ville de Paris.

Son père, Jacques Berthelot, médecin de grande valeur, ne pouvait que mourir pauvre. Ne soignait-il pas gratuitement la plupart des malades de son pauvre quartier ?

Et si je rappelle cette générosité de cœur de l'homme de science qu'était le père de Marcelin Berthelot, c'est pour que l'on ne soit pas surpris en lisant ce que le fils disait plus tard : « L'homme de science, répétait-il, doit faire de la possession de la vérité sa seule richesse. »

Il ne prit pas un seul brevet. (*L'Electricité pour tous*, avril 1927.)

CHRONIQUE FINANCIÈRE

Société de Construction électrique. — L'assemblée ordinaire, tenue le 21 avril 1927, à Lyon, a approuvé le bilan de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice net de 504 941,42 fr. Le report antérieur étant de 49 898,70 fr, le solde disponible s'élève à 554 840,12 fr. Le dividende a été fixé à 5 fr par action.

Compagnie française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston. — Dans sa séance du 21 avril 1927, le conseil d'administration a arrêté les comptes de l'exercice 1926 qui seront soumis à l'assemblée ordinaire du 7 juin.

Le compte de profits et pertes fait ressortir un solde créditeur de 30 326 969 fr contre 11 754 082 fr en 1925.

Le conseil proposera de consacrer une somme de 18 millions de francs à des amortissements et de reporter à nouveau une somme de 12 millions de francs.

Tenant compte de ce report à nouveau, le conseil a décidé, si ses propositions sont approuvées par l'assemblée, de procéder dans le milieu de l'année à une répartition de 20 fr bruts par titre, à valoir sur les résultats de l'exercice 1927. La mise en paiement de ce coupon, qui sera en partie absorbé par l'impôt de transmission déjà avancé par la société, aura pour effet d'apurer définitivement la situation des actionnaires à l'égard du Trésor.

Société hydroélectrique des Dranses. — L'assemblée ordinaire du 27 avril 1927 a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant, après amortissement, par un bénéfice net de 171 899 fr auquel vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 2162 fr.

Le dividende a été fixé à 27,50 fr brut par action. Un acompte de 17,50 fr net, ayant été mis en paiement le 20 décembre 1926, le solde du dividende, soit 10 fr brut par action, sera mis en paiement à raison de : 6,10 fr net pour les actions nominatives et de 5,15 fr net pour les actions au porteur.

Digitized by Google

L'Energie industrielle. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice net de 8 287 666 fr auquel vient s'ajouter le report des exercices antérieurs, soit 96 193 fr.

Ce bénéfice a été réparti comme il suit : réserve légale de 5 pour 100, 414 383 fr, intérêt statutaire 5 pour 100 aux actions anciennes, 3 millions de francs; dividende supplémentaire de 6 pour 100 aux actions anciennes, 3 600 000 fr; intérêts intercalaires sur les actions nouvelles, 649 200 fr; impôts sur le revenu des actions nouvelles, 142 507 fr; tantièmes aux administrateurs, 400 000 fr; report à nouveau, 177 768 fr.

Société des Forces motrices de Vercors. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 18 avril 1927, cette société, dont le siège est à Valence-sur-Rhône, 16, rue du Pont-du-Gât, va procéder à l'émission de 24 000 obligations de 500 fr chacune, rapportant un intérêt annuel de 7 pour 100 net d'impôts autres que celui de transmission. Elles seront remboursables en trente années.

Compagnie électrique de Franche-Comté. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 11 avril 1927, cette société dont le siège est à Saint-Vit (Doubs) va procéder à l'émission de 7000 obligations de 500 fr, productives d'intérêts à 7 pour 100 l'an, payables par semestre, les 30 juin et 31 décembre, nets de tous impôts présents et futurs, à l'exception des taxes de transmission, transfert et conversion.

Elles seront remboursables au pair en vingt ans par tirages annuels, à partir de 1938, la société conservant le droit d'anticiper le remboursement à partir de 1938.

Lesdites obligations auxquelles n'est attachée aucune garantie spéciale sont payables en souscrivant, contre la délivrance des titres.

Énergie électrique de la ville de Bizerte. — L'assemblée ordinaire, tenue le 25 avril 1927, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice net de 75 000 fr. Le dividende a été fixé à 9 pour 100 sur lequel un acompte de 5 pour 100 a déjà été payé.

Compagnie télégraphique des Antilles. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice net de 23 501 fr

Le dividende a été fixé à 22,325 fr par action, soit net 18,31 fr par action nominative et 16,42 fr par action au porteur.

Société d'Electricité du Tarn. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé le bilan de l'exercice 1926 qui ne comporte pas de compte de profits et pertes, la société étant encore en période d'installation.

Société hydroélectrique du Sud-Est. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé le bilan de l'exercice 1926, qui ne comporte pas de compte de profits et pertes, la société n'étant pas encore en période d'exploitation.

Le rapport du conseil signale que l'usine de la Royat inférieure a été mise en service au début de l'année 1927.

Une assemblée extraordinaire, tenue ensuite, a décidé de porter le capital de 10 à 40 millions de francs, par l'émission de 60 000 actions de priorité de 500 fr, dont la souscription est réservée par préférence aux anciens actionnaires à raison de trois actions nouvelles pour une ancienne.

Cette résolution a été approuvée par les assemblées spéciales tenues à la suite.

Energie électrique du Nord de la France. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 11 avril 1927, cette société dont le siège est à Paris, 12, rue d'Aguesseau, va porter son capital à 95 millions de francs, par l'émission de 20 000 actions de 250 fr, à souscrire en espèces. Ces actions, dites actions B, participeront aux bénéfices sociaux à compter de l'exercice commençant le 1er janvier 1927, au prorata des sommes libérées et du temps couru depuis leur souscription pour le premier quart et des dates fixées pour les libérations des autres quarts. Elles diffèrent des actions existantes, qui seront qualifiées « actions A ». Les actions B jouiront d'un droit de vote d'une voix par action. Chaque action B aura droit, dans les bénéfices annuels, à une part égale à la moitié de celle qui sera attribuée à chaque action A et recevra, éventuellement, dans la répartition, tant des réserves que du boni de liquidation, au cas de la dissolution, la moitié de la part revenant à chaque action A. Le tout sous réserve du vote de nouvelles dispositions législatives réduisant le droit de vote ci-dessus attribué aux actions B.

Ces actions seront essentiellement nominatives et seront émises à 250 fr. Elles seront libérées du premier quart à la souscription; les dates d'appel des deuxième, troisième et quatrième quarts seront fixées ultérieurement par le conseil.

Compagnie centrale d'Éclairage et de Transport de Force par l'Electricité (Compagnie d'Electricité de Limoges). — L'assemblée ordinaire, tenue le 28 avril 1927, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice net de 2 129 053 fr, auquel vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 405 945 fr.

Le dividende a été fixé à 16 fr, sur lequel un acompte de 10 fr a déjà été payé.

Le rapport du conseil signale que la mise en application de la convention intervenue avec la Compagnie des Chemins de fer départementaux de la Haute-Vienne, en vue de fournitures réciproques d'énergie, a donné des résultats satisfaisants.

Société générale de Force et Lumière. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 11 avril 1927, cette société, dont le siège est à Grenoble, 57, rue Diderot, va porter son capital de 75 millions à 125 millions de francs par la création de 200 000 actions de 250 fr chacune. Ces actions porteront les numéros de 300 001 à 500 000.

Elles seront nominatives ou au porteur, au choix des souscripteurs.

Les actionnaires ou porteurs de parts de fondateur actuels auront, à titre irréductible, un droit de préférence à la souscription des actions nouvelles à raison de : 5 actions nouvelles pour 5 anciennes ou 2 actions nouvelles pour 3 parts de fondateur.

Société des Forces motrices de la Vienne. — L'assemblée générale de la société civile des porteurs de parts, tenue le 27 avril 1927, a donné son adhésion aux résolutions votées par l'assemblée extraordinaire des actionnaires du 14 mars dernier, notamment en ce qui concerne l'abandon du droit de souscription réservé aux actionnaires et aux porteurs de parts par l'article 8 des statuts, pour une tranche de 20 000 actions sur les 75 000 actions dont la création a été autorisée.

L'Électricité rurale du Sud-Ouest. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, du 18 avril 1927, cette société dont le siège est à Paris, 53, rue de Châteaudun, va porter son capital social de 56 millions de francs à 62 millions de francs par l'émission de 12 000 actions nouvelles de 500 fr chacune.

Ces actions seront créées jouissance de l'exercice 1927-1928 commençant le 1er juillet 1927. Elles auront donc droit, à partir de ladite date, sur le montant nominal dont elles seront libérées, à l'intérêt de 7,5 pour 100 prévu par les statuts, et

Digitized by Google

participeront à la répartition des sommes qui pourraient être mises en outre en distribution sur le même pied que les actions actuellement existantes. Jusqu'à la date du 30 juin 1927, ces actions auront droit seulement à l'intérêt de 7,5 pour 100 prévu par les statuts sur le montant nominal dont elles seront libérées, au prorata du temps couru depuis le ou les versements de libération.

Conformément à l'article 7 des statuts, la souscription des actions nouvelles sera réservée par préférence aux propriétaires d'actions anciennes, à un titre irréductible et à titre réductible. Toute personne, même non actionnaire, pourra souscrire à titre éventuel celles des actions nouvelles qui n'auraient pas été absorbées par les souscriptions ci-dessus.

Ces actions nouvelles seront libérées à la souscription du quart de leur montant nominal plus la prime.

En conséquence, après cette augmentation de capital, le capital social se trouvera porté à 62 000 000 fr et divisé en 124 000 actions de 500 fr, dont 112 000 actions entièrement libérées et 12 000 actions libérées du quart au moins de leur montant nominal.

Compagnie continentale Edison. — Les comptes de l'exercice 1926, qui ont été soumis à l'assemblée ordinaire du 12 mai 1927, se soldent après dotation de 1 250 000 fr au fonds de renouvellement et d'amortissement du matériel, par un bénéfice net de 1 858 850 fr, contre 1 628 453 fr en 1925. A ce bénéfice vient s'ajouter le report de l'exercice précédent, soit 283 264 fr.

Le conseil proposera de porter le dividende de 37,50 fr à 45 fr par action.

Compagnie générale électrique. — L'assemblée générale ordinaire du 26 avril 1927 a approuvé à l'unanimité les comptes de l'exercice 1926, se soldant par un bénéfice net, après amortissements, de 463 149,36 fr. Sur la proposition du conseil, cette somme a été reportée à nouveau.

BIBLIOGRAPHIE

La physique moderne de l'Electron. (Les sources de l'électron, par M. A. Boutaric.) — Un vol. 12 cm × 18 cm, 260 pages. — Prix : 15 fr. — *Librairie Félix Alcan.*

Nos lecteurs ont apprécié la série d'articles publiés ici même sur la physique moderne par notre éminent collaborateur M. A. Boutaric. Ils trouveront s'ils le désirent, et avec plus de détails, tout ce travail réuni en un volume facile à lire et à consulter.

Tout le monde aujourd'hui, de près ou de loin, a besoin de connaître les nouvelles théories de la physique ; on sait, en particulier, combien a été féconde la découverte de l'électron négatif, ou corpuscule cathodique, constituant commun à tous les atomes, véritable grain d'électricité, toujours identique à lui-même, quelle que soit son origine, et 2000 fois plus léger que le plus petit de tous les atomes, celui d'hydrogène. Il s'en produit constamment autour de nous soit par les substances radioactives, soit par les corps portés à l'incandescence, soit par les métaux éclairés par la lumière ultra-violette, soit par les réactions chimiques, etc. Il intervient dans l'interprétation des phénomènes physiques les plus divers : la production de la lumière, les propriétés thermiques et électriques des métaux, le magnétisme, la relativité, la physique cosmique. L'atome lui-même, qu'on croyait autrefois insécable et indivisible, apparaît aujourd'hui comme un monde prodigieusement complexe, formé d'électrons. Ceux qui ne voient l'intérêt des conceptions scientifiques que lorsqu'elles donnent lieu à des applications, ont assisté depuis quelques années à l'intrusion de l'électron dans les techniques les plus diverses. Chacun connaît les merveilleuses propriétés des lampes à 2 et à 3 électrodes qui utilisent la souplesse pour ainsi dire infinie des mouvements électroniques. Mais la production des rayons X, les piles photo-électriques, l'arc électrique, etc., utilisent également diverses propriétés des électrons. Telles sont les captivantes questions, toutes d'actualité, que M. Boutaric traite dans son ouvrage, après avoir sommairement rappelé comment l'électron s'est imposé à l'attention des physiciens par les progrès des théories moléculaires. Son exposé complète heureusement le beau livre sur *L'Electron*, dû à Millikan, dont M. Lepape a publié récemment la traduction dans la *Nouvelle Collection Scientifique*, là même où paraît aujourd'hui le livre de M. Boutaric.

Digitized by Google

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

N° 839 SUPPLÉMENT 10 Juin 1927.

APPAREILS NOUVEAUX

Le klydonographe et son application à l'étude des surtensions dues aux manœuvres d'interrupteur (1). — Le klydonographe est un nouvel appareil, sans inertie, qui permet la mesure des tensions, même de durée très éphémère, et qui a été adapté par J.-M. Peters à l'enregistrement des surtensions dans les réseaux de transmission d'énergie. Il utilise un phénomène découvert il y a plus d'un siècle et demi par Lichtenberg, et dont voici le principe : si l'on approche d'une plaque isolante saupoudrée de fleur de soufre une pointe métallique reliée électriquement à une source de potentiel de quelques milliers de volts, la fleur de soufre se rassemble autour de la pointe pour former une image circulaire dont la nature renseigne sur la polarité de la tension appliquée, et dont la dimension est fonction de la grandeur de cette tension.

Dans le klydonographe la plaque isolante est une plaque de verre ou de micarta et la fleur de soufre est remplacée par une émulsion photographique ordinaire (2). Bien entendu, cette émulsion est placée dans une boîte imperméable à la lumière et les figures n'apparaissent qu'après développement.

L'appareil se réduit donc aux éléments suivants : une plaque métallique constituant l'une des électrodes supporte le diélectrique; celui-ci est recouvert par l'émulsion photographique et la seconde électrode, de forme cylindrique, repose en un point sur l'émulsion.

Les figures que l'on obtient sur le cliché ont des aspects différents suivant la nature de la tension appliquée; elles permettent de savoir si la tension appliquée est positive, négative ou alternative; la texture de ces figures varie aussi suivant la rapidité d'ascension de l'onde appliquée; mais leur dimension est une fonction bien définie de l'amplitude de cette onde et pratiquement indépendante du temps d'application; ce qui permet de mesurer les tensions avec une approximation de plus ou moins 15 pour 100.

L'appareil peut servir pour un relevé de tensions comprises entre 2000 et 18000 v; au-dessous de 2000 v il ne forme pas de figure, et au delà de 18000 v les figures n'ont plus de dimensions régulières.

Le klydonographe actuellement construit par la Compagnie Westinghouse, permet l'enregistrement permanent de la tension du réseau sur une pellicule photographique qui se déroule à une vitesse de quelques centimètres par heure, et que l'on peut charger en plein jour à la manière de certains appareils photographiques.

Cette pellicule passe sur un cylindre isolant en micarta d'environ 1,5 mm d'épaisseur garni à l'intérieur d'une feuille d'étain servant d'électrode reliée à la terre; le long d'une génératrice du cylindre au-dessus de la pellicule, viennent reposer des électrodes fixes (généralement au nombre de 4) que l'on a reliées au réseau. Le cylindre est animé d'un mouvement de rotation uniforme par un mouvement d'horlogerie et entraîne la pellicule. A une des extrémités du cylindre de petites ouvertures sont pratiquées vers l'extérieur de la boîte qui contient l'ensemble de l'appareil, ce qui permet l'inscription automatique des heures sur la pellicule.

Lorsqu'on veut se servir de l'instrument sur un réseau fonctionnant à 2000 ou 3000 v par rapport à la terre, il suffit de connecter ses électrodes au réseau à travers des fusibles ou des condensateurs de protection.

Lorsque le réseau fonctionne à des tensions supérieures, il faut renoncer à l'emploi de transformateurs de potentiel, qui possèdent une constante de temps beaucoup trop grande à cause de leur self-inductance, et l'on a recours à un montage potentiométrique par capacité. Pour régler le potentiomètre on applique une tension déterminée sur l'armature du condensateur supérieur (normalement relié au réseau) et l'on mesure, avec un éclateur, la tension entre le sol et l'armature inférieure. On emploie couramment comme condensateurs de simples couronnes tubulaires maintenues à l'écartement voulu par des chaînes d'isolateurs (1).

Le klydonographe peut aussi servir à mesurer la fréquence des ondes parcourant une ligne. On le branche alors aux bornes d'une résistance de l'ordre de 5000 ohms, inséré dans le circuit d'un cadre soumis à l'induction de la ligne.

Enfin, on peut encore employer l'appareil pour la mesure des ondes de courant, en le connectant aux bornes d'une résistance non inductive placée dans le circuit étudié.

Le klydonographe est donc un appareil enregistreur que l'on peut laisser en permanence sur un réseau afin d'étudier les surtensions qui peuvent y prendre naissance en cours du service normal; mais on peut encore l'utiliser à des recherches spéciales, par exemple à l'étude systématique des surtensions engendrées par certaines manœuvres. Un article de P.-H. Mc Auley (2) relate une série d'essais de ce genre, effectués sur des lignes aériennes à 60000 v.

Une première série d'expériences a été réalisée sur une ligne de 14 milles reliée à ses deux extrémités à des transformateurs de 20000 kv-A connectés en triangle. L'un de ces transformateurs étant muni d'un dispositif permettant de changer les prises de réglage en charge. A chaque extrémité de la ligne était installé un klydonographe, connecté entre chaque phase de la ligne et de la terre. Les inscriptions ont montré que les surtensions maxima étaient obtenues lorsqu'on coupait la ligne à vide; elles dépassaient souvent le triple de la tension normale, parfois même le quadruple de cette tension. L'enclenchement de la ligne produisait des surtensions dé-

(1) *Electric Journal*, J.-M. Cox. Janvier 1927. D'après la *Revue Industrielle*, et Eclairage et Force Motrice.

(2) C'est un Français, M. Trouvelot, qui a étudié un des premiers, dès 1888, l action des décharges électriques sur les plaques photographiques. *Lumière électrique*, 1888, t. XXX, p. 269.

(1) Ce montage devient défectueux pour peu que l'isolement du klydonographe ne soit pas parfait à cause de la valeur trop réduite des capacités en jeu : il suffit que l'isolement du klydonographe tombe à quelques centaines de méghoms pour que l'instrument donne des indications variables avec la fréquence de l'onde.

(2) *Electric Journal*, janvier 1927, p. 9.

Digitized by Google

passant rarement 1,5 fois la tension normale, sauf au cours d'une expérience où elle a atteint 3,9 fois la tension normale. Le changement de prises du transformateur en charge n'a donné lieu à aucune surtension.

Une seconde série d'essais a porté sur deux lignes de 60 milles alimentées en parallèles par un transformateur de 10000 kv-A connecté en étoile avec point neutre à la terre et ouvertes à leurs extrémités opposées. On avait constaté que la mise hors service de l'une des lignes entraînait le déclenchement du relais à maximum de la seconde ligne. Au cours des essais, une des lignes était déclenchée et enclenchée un certain nombre de fois, après quoi on répétait l'essai avec l'autre ligne. L'expérience a montré qu'aucune surtension importante n'apparaissait sur la ligne n° 1 lorsqu'on manœuvrait la ligne n° 2, tandis que des surtensions atteignant cinq fois la tension normale, affectaient la ligne n° 2 lorsqu'on coupait la ligne n° 1. Comme les deux lignes ne différaient guère que par leurs interrupteurs, on en devait conclure que les surtensions avaient leur origine dans les contacts de l'interrupteur n° 1.

Enfin, une troisième série d'expériences a été réalisée sur deux lignes de 16 milles alimentées parallèlement par un transformateur de 10 000 kv-A en étoile avec point neutre à la terre. Les extrémités de ces lignes étaient reliées à un transformateur de 10 000 kv-A en triangle. Les lignes n'étaient pas équipées avec des transformateurs à huile; mais avec des sectionneurs. Les klydonographes étaient reliés à environ 600 m de transformateurs d'alimentation et les expériences furent conduites de la manière suivante :

1° Ouverture des sectionneurs à 66 kv à l'extrémité réceptrice, la ligne et le transformateur d'alimentation étaient alimentés seulement par l'extrémité réceptrice, le point neutre de ce transformateur étant relié à la terre.

2° Même manœuvre avec le point neutre du transformateur isolé;

3° Même opération avec le transformateur déconnecté. Chaque opération était renouvelée six fois sur chacune des lignes. La plus grande surtension enregistrée fut de 2,2 fois la tension normale et dans de nombreux cas aucune surtension anormale n'est apparue; l'arc se trouvait coupé trop lentement pour engendrer une perturbation appréciable. Quelques manœuvres semblables furent réalisées à l'extrémité génératrice et au cours de l'une de ces manœuvres, un arc ne s'est pas soufflé sur une des trois phases. Le klydonographe a alors enregistré des surtensions oscillatoires de longue durée, d'amplitudes égales à 3,1, 3,1 et 2,3 fois la tension normale sur chacune de ces trois phases.

T.-H. Mc Auley conclut de cette étude que la manœuvre des interrupteurs ne produit pas de surtensions vraiment dangereuses dans une installation bien isolée.

CHRONIQUE FINANCIÈRE

Le Centre électrique. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 11 avril 1927, cette société dont le siège est à Paris, 83, avenue de la Grande-Armée, va procéder à l'émission de 16000 actions de 500 fr chacune, suivant délibération du Conseil d'administration en date du 25 mars 1927, tenue par-devant Me Thion de la Chaume, notaire à Paris.

Ces actions seront émises au taux de 600 fr.

Elles seront soumises à toutes les dispositions statutaires et jouiront des mêmes droits que celles représentant le capital actuel, après leur entière libération.

Cependant elles n'auront droit au partage des bénéfices qu'à partir du 1er janvier 1927.

8000 de ces actions sont mises à la disposition du conseil d'administration pour rembourser les comptes créditeurs par avances,

Pour la souscription des 8000 actions restantes, il est accordé un droit de préférence :

1° Aux actionnaires actuels;

2° Aux porteurs d'obligations de 500 fr;

3° Aux porteurs d'obligations de 200 fr.

En conséquence, 4000 actions nouvelles sont mises à la disposition des actionnaires actuels qui pourront souscrire à titre irréductible une action nouvelle pour quatre actions anciennes; 2000 sont mises à la disposition des porteurs d'obligations de 500 fr de la société, qui pourront souscrire, à titre irréductible, une action nouvelle pour quatre obligations, et 2000 sont mises à la disposition des porteurs d'obligations de 200 fr, qui pourront souscrire, à titre irréductible, une action nouvelle pour sept obligations, sans qu'il puisse être délivré de fractions d'actions.

Le montant des actions nouvelles sera payable :

Le quart, soit 125 fr, plus la prime d'émission de 100 fr, soit au total 225 fr au moment de la souscription, et le solde, soit 375 fr; après la répartition et à une date qui sera fixée par le Conseil d'administration.

Les sommes non versées à la date indiquée seront productives d'intérêt au taux de 10 pour 100.

Société biterroise de Force et Lumière. — L'assemblée ordinaire, tenue le 23 avril 1927, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant, par un bénéfice net de 759 855 fr auquel vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 13 074 fr.

Le dividende a été fixé à 50 fr par action et 333,33 fr par part, payable, à partir du 1er mai 1927, sous déduction des acomptes versés et des impôts existants.

Le rapport du conseil signale que, dans le courant de l'année 1926, il a été procédé à la construction d'un nouveau poste à Béziers destiné à recevoir le courant amené par la nouvelle ligne de Luzières à Béziers. La construction de ce poste n'est pas encore achevée; quant à celle de la nouvelle ligne, les formalités administratives n'ont pas encore permis de la commencer.

Société pyrénéenne d'Energie électrique. — L'assemblée ordinaire, tenue le 23 avril 1927, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant, par un bénéfice net de 3 503 265 fr auquel vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 331 012 fr.

Le dividende a été fixé à 47,50 fr par action et 112,50 fr par part, payable depuis le 1er mai 1927, sous déduction des acomptes versés et des impôts existants.

Le rapport du conseil signale que l'électrification du département du Gers est entrée dans une phase active. Il y a lieu d'espérer que les travaux seront commencés cette année dans le secteur nord-est de ce département. Les défficultés de passage avaient arrêté depuis longtemps la ligne à 55000 v d'Ondes à Carmaux. Ces difficultés se sont aplanies au cours de l'exercice écoulé et la ligne a pu être mise sous tension sans incident.

Cette ligne permettra à la société d'assurer une transmission plus économique du courant produit par son usine de Bourélie.

Société Alsacienne de Constructions mécaniques. — Réunis en assemblée ordinaire le 28 mars, les actionnaires

Digitized by Google

ont approuvé les comptes de l'exercice clos le 30 septembre 1926. Après affectation de 10377275 fr aux amortissements statutaires, le bénéfice net s'élève à 21 millions 321500 fr formant avec le report antérieur un solde disponible de 23675592 fr contre 23576246 fr en 1925.

Malgré l'augmentation du capital à rémunérer le dividende n'est qu'en très légère diminution sur celui de l'année antérieure : il a été fixé à 14 pour 100 contre 16 pour 100 précédemment.

Société du Radium et de la Radioactivité. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, cette société, dont le siège est à Paris, 12, rue Chomel, va procéder à l'émission d'une première tranche de 150000 fr sur l'augmentation de capital prévue jusqu'à concurrence de 1 million de francs.

L'émission comporte donc actuellement la création de 150 actions, de 1000 fr chacune.

Central-Lumière Province. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 2 mai 1927, page 367, cette société, dont le siège est à Paris, 9, place de la Bourse, va procéder à une augmentation du capital social d'une somme de 500 000 fr par l'émission au pair de 5000 actions nouvelles de 100 fr chacune, payables un quart en souscrivant et le surplus suivant les appels du conseil d'administration.

Société d'Eclairage, Chauffage et Force motrice. — Les comptes de l'exercice 1926 qui ont été soumis à l'assemblée du 16 mai font ressortir, après 7444566 fr d'amortissements, un bénéfice brut de 16621400 fr contre 14652069 fr en 1925.

Déduction faite des frais généraux propres à la société le bénéfice net ressort à 15896290 fr, contre 14180887 fr. Au bénéfice vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 4497200 fr.

Le conseil a proposé de maintenir le dividende à 25 fr par action et de reporter à nouveau une somme de 9093602 fr.

Société des Forces motrices de la Durance. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 11 avril 1927, cette société dont le siège est à Lyon, 9, rue Grôlée, va procéder à l'émission de 40000 obligations nouvelles de 500 fr rapportant un intérêt annuel de 7 pour 100 net de tous impôts français présents et futurs, à l'exception des droits de transmission, de transfert et de conversion qui restent à la charge des obligataires.

Ces 40000 obligations, numérotées de 40001 à 80000, sont amortissables au pair, en 40 ans, à compter rétroactivement du 1er octobre 1925, conformément à un tableau d'amortissement distinct, mais en tous points identique au tableau d'amortissement établi pour les 40000 obligations numérotées de 1 à 40000 émises en 1923, de telle sorte que 410 de ces obligations se trouvent amorties dans chacune des deux tranches et que les obligations de la deuxième tranche restant à amortir et qui seront placées sont au nombre de 39590 et portent les numéros 40001 à 79590.

Le prochain remboursement aura lieu le 1er octobre 1927 et le dernier le 1er octobre 1964 au plus tard.

Faculté de remboursement anticipé en totalité ou en partie réservée à la société à compter du 1er octobre 1930.

Energie électrique de Meuse et Marne. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 18 avril 1927, cette société, dont le siège est à Saint-Dizier, 65, rue des Alliés, va procéder à l'émission d'un emprunt d'un montant nominal maximum de 6 millions de francs, divisé en 12000 bons d'une valeur nominal de 500 fr chacune.

Ces titres rapporteront un intérêt annuel de 7 pour 100, payable par semestre, net de tous impôts présents et futurs, à l'exception de la taxe de transmission sur les titres au porteur et des droits de transfert et de conversion.

Ils seront amortissables en quinze ans au maximum à partir de la première année, conformément à un tableau d'amortissement inscrit au dos des titres, soit au pair par voie de tirages au sort annuels, soit par voie de rachats en bourse au-dessous du pair, compte tenu de la fraction courue du coupon.

La société se réserve la faculté, à partir du 20 avril 1930, d'amortir par anticipation tout ou partie des bons en circulation, soit au pair lors de chaque échéance de coupons, par voie de tirages au sort supplémentaires, moyennant un préavis de trois mois, soit par voie de rachats en bourse au-dessons du pair, compte tenu de la fraction courue du coupon. Les bons amortis par anticipation seront imputés sur le dernier tirage, puis sur le précédent et ainsi de suite de façon à ne pas modifier l'ordre du tableau d'amortissement.

Il sera créé une société civile pour la représentation des droits des porteurs de bons de la présente émission.

La souscription ou la possession à n'importe quel titre d'un ou de plusieurs bons comportera de plein droit adhésion aux statuts de la société civile.

Union d'Électricité. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 9 mai 1927, page 387, cette société dont le siège est à Paris, 57, rue Pierre-Charron, va porter son capital social de 200 millions de francs à 250 millions de francs par l'émission de 200000 actions nouvelles de 250 fr.

Ces 200000 actions, créées jouissance du 1er juillet 1927, auront droit à partir de cette date, sur le premier quart de leur montant nominal et ultérieurement au fur et à mesure des appels du conseil d'administration sur le montant dont elles seront libérées, au premier dividende de 6 pour 100 prévu par les statuts. Elles auront droit en outre à un dividende supplémentaire égal à la moitié de celui qui pourra être réparti aux actions anciennes sur les bénéfices de l'exercice ayant commencé le 1er janvier 1927.

Les groupes industriels qui ont contribué à la fondation de la société et dont la société a notamment racheté les usines à son origine, souscriront ferme la moitié de ladite augmentation de capital, soit 100000 actions; ces groupes industriels ont renoncé à exercer, en dehors de la souscription de ces 100000 actions, tout droit, par préférence, de souscription aux actions nouvelles, du chef des actions anciennes qu'ils peuvent posséder.

La souscription des 100000 actions nouvelles constituant le surplus de cette augmentation de capital, est réservée, par préférence, aux autres propriétaires actuels des actions anciennes.

Ces 200000 actions nouvelles seront libérées du premier quart de leur montant nominal lors de la souscription; les trois autres quarts du capital nominal devront être versés aux dates qui seront fixées par le conseil d'administration.

Entreprises électriques Pierre Garçon. — Cette société en formation a pour objet l'étude, la construction et l'installation de tous réseaux destinés à la transmission, à la transformation et à la distribution de l'énergie électrique. Le siège a été fixé 97, boulevard Malesherbes, à Paris. Sur les 6000 actions de 250 fr formant le capital de 1500000 fr, 2800 ont été allouées à M. Pierre Garçon, ingénieur à Paris, 7, rue Poussin, qui reçoit, en outre, une somme de 350000 fr en espèces. Le conseil est autorisé, dès à présent, à augmenter le capital d'une somme de 3500000 fr.

Compagnie Le Taxiphone. — L'assemblée ordinaire tenue le 5 mai 1927 a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se

Digitized by Google

soldant par une perte de 143 057 fr, auquel vient s'ajouter le report déficitaire des exercices antérieurs.

Une assemblée extraordinaire qui devait se tenir ensuite n'a pu avoir lieu, faute de quorum, et a été reportée à une date ultérieure.

La Régionale électrique. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 2 mai 1927, page 578, cette société dont le siège est à Lyon, 3, rue du Président-Carnot, va procéder à l'émission de 3200 obligations non hypothécaires de 250 fr chacune, productives d'intérêts au taux de 7 pour 100 nets de tous impôts présents et futurs autres que les droits de transmission, transfert et conversion, et payables par semestre les 30 juin et 31 décembre de chaque année et pour la première fois le 31 décembre 1927.

Ces obligations sont émises à 250 fr et remboursables à 250 fr.

Les obligations seront remboursées dans un délai maximum de vingt-neuf années à partir du 31 décembre 1931 au moyen de 29 annuités. Le premier remboursement aura lieu le 31 décembre 1932.

Ces remboursements s'effectueront au moyen soit de rachats en Bourse, soit de tirages au sort, soit de l'un et de l'autre de ces deux modes de remboursement combinés.

La société s'est réservé le droit de se libérer par anticipation en totalité ou en partie à compter du 31 décembre 1932.

Ces obligations ne jouissent d'aucune garantie spéciale.

Tous les porteurs sont obligatoirement constitués en une société civile dont le siège est au siège de la société débitrice.

Compagnie de locations électriques. — Les comptes de l'exercice 1926 font ressortir un bénéfice brut de 1 million 969 135 fr, contre 1 810 041 fr en 1925.

Déduction faite des frais généraux, 787 297 fr et après affectation de 382 570 fr aux amortissements et réserves, le bénéfice net ressort à 799 266 fr, contre 743 041 fr, auquel vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 42 006 fr.

La répartition qui sera proposée par le conseil n'est pas encore connue.

Société Grâmme. — Les comptes de l'exercice 1926, qui seront soumis à l'assemblée ordinaire du 18 mai 1927 se soldent, après amortissements, par un bénéfice net de 623 654 fr contre 590 996 fr en 1925-1926.

Le conseil proposera de maintenir le dividende à 60 fr brut par action et de porter 136 339 fr aux réserves ou amortissements divers.

BIBLIOGRAPHIE

The Essentials of Transformer Practice, par Emerson Reed. Un volume 14 cm × 22 cm, 400 pages. — Prix : 5 dollars. — *D. Van Nostrand C°*, éditeurs. — Eight Warren Street, New-York (2e Edition).

Cet ouvrage dont deux éditions n'ont pas épuisé le succès a pour but, comme son titre l'indique, de donner toutes les indications nécessaires aux praticiens des transformateurs. Tout d'abord l'auteur passe en revue la construction des transformateurs en s'étendant d'une façon particulière sur l'isolement des circuits et les moyens employés pour combattre l'élévation de température. Il étudie ensuite le fonctionnement des transformateurs ainsi que les transformateurs de phase (Scott et autres), la marche en parallèle et enfin le prix de revient de l'énergie transformée suivant la valeur de la charge.

Édité avec soin cet ouvrage sera certainement très utile à tous ceux que la construction ou le fonctionnement des transformateurs intéresse.

Aide-mémoire Formulaire de la T. S. F., par E. Pacoret. — Un volume 14 cm × 16 cm, 560 pages. — Prix : 32 fr. — *A. Blanchard*, éditeur, Paris.

Depuis que l'électricité industrielle existe on n'avait pas constaté encore d'essor aussi rapide de ses différentes branches tel que celui que vient de prendre la T. S. F. Les amateurs pullulent aujourd'hui et s'il y en a encore qui ne comprennent pas grand'chose au maniement de leur poste, nombreux sont ceux qui cherchent à améliorer les réceptions et à se rendre compte de ce qui se passe à l'intérieur. C'est à eux que ce livre s'adresse : il leur permettra de trouver rassemblées, d'une façon concise, les données que l'on rencontrait éparses dans les diverses publications. Des schémas très clairs complètent cet ouvrage édité du reste avec beaucoup de soin et accessible à tous.

Aide-mémoire Formulaire de l'Electro-mécanique, par E. Pacoret. — Un volume 12 × 19 cm, 1500 pages. — Prix : 150 fr. — *Albert Blanchard*, éditeur, Paris.

Ce livre au nombre imposant de pages est presque un traité d'électrotechnique et de mécanique, c'est une vraie encyclopédie entièrement mise sur pied par l'auteur grâce aux stages qu'il a pu faire dans les diverses applications traitées dans cet ouvrage; il a donc le grand mérite d'être homogène et d'être en quelque sorte « vécu ». C'est en somme l'aide-mémoire de l'ingénieur-électricien aussi bien que de l'ingénieur-mécanicien, ces deux professions étant aujourd'hui unies par des liens inséparables.

Digitized by Google

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

N° 840 SUPPLÉMENT 25 Juin 1927.

LA T. S. F. PRÉHISTORIQUE

On reproche souvent aux journaux scientifiques leur aspect peu gai et le caractère souvent rébarbatif de leurs articles.

Sans vouloir arriver à les rendre amusants, il n'est pas mauvais d'y introduire de temps en temps une note gaie. L'histoire satyrique ci-dessous que l'on va lire est empruntée à notre excellent confrère Radio-Revue *sous le titre « Rien n'est nouveau sous le soleil » on y retrouvera des allusions discrètes aux derniers progrès de la T.S.F. qui amuseront leurs principaux auteurs.* A. S.

On vient de découvrir (bloquons notre inverseur bipolaire), aù cours de fouilles curieuses, dans un petit bled d'Albanie, un opuscule de Plutarque, le fameux historien grec, et, chose stupéfiante (*Credo quia non absurdum*), il y est question d'un appareil à sept lampes fameux, inventé par Lévi, fils de Jacob, et qui ornait le temple de Salomon à Jérusalem. Après le siège de cette ville, l'empereur romain Titus, sansfiliste notoire lui aussi, et créateur d'un arc célèbre, rapporta le glorieux trophée, en même temps que la jolie Bérénice. Titus, ingénieux, voulut trouver une nouveauté et construisit un deux-lampes qu'il a appelé *Super*. Mais les héritiers de Lévi revendiquèrent les droits d'antériorité de leur ancêtre, et cela fit du bruit sur le Forum. La Grèce elle-même en reçut les échos qui emplirent de nombreuses tablettes du trop célèbre journal *Anthmna*.

L'auteur des *Vies* nous conte également que les premiers sansfilistes vraiment habiles furent les chrétiens. Persécutés par la haine aveugle des Néron et des Caligula, ils se réunissaient dans des carrières appelées cryptes et se servaient, pour communiquer entre eux, de petits appareils extraordinaires dits cryptadynes (ce qui signifie en grec : force cachée).

Pline le Jeune, de son côté, raconte que, lors des premières fouilles qui ont suivi le désastre d'Herculanum en l'an 79, on découvrit un panneau de marbre de Carrare, évidemment une enseigne, qui portait gravés, les mots « *auditorium privatum* ». On avait attribué d'abord à ce dernier mot une valeur purement objective mais l'auteur a le soin d'expliquer que c'était là le nom d'un grand barbier de l'époque qui épilait ses clients (le Gillette n'était pas encore inventé), au son d'une musique étrange encore qu'harmonieuse.

Enfin, Suétone, l'historien des « Douze Césars », nous attendrit sur l'aventure d'un pauvre centurion sansfiliste, Verginius. Très épris de la belle Poppée, jaloux des lauriers de Pétrone et de la faveur de Tigellin auprès de Néron, il offrit un jour à l'empereur, dans l'atrium du Palais, un appareil d'où devaient sortir les chants mêmes des Muses et les accents de la lyre d'Apollon. Hélas ! il n'en sortit que des poux énormes... L'appareil avait capté et amplifié tous les parasites... Le pauvre inventeur, qui n'avait pas eu de veine, dut s'ouvrir les siennes, par ordre de l'empereur.

Plus près de nous, le fameux chroniqueur du règne de Louis XI, Philippe de Comines, nous apprend que cent cinquante années auparavant, il existait une société secrète dite des « Amis de la Tour », présidée par la femme même du roi Louis X le Hutin, Marguerite de Bourgogne, à la Tour de Nesle.

Des jeunes gens de l'élite, réunis dans des séances spéciales, s'exerçaient avec la reine et d'autres partenaires, à des manipulations d'entretenues par excitation directe ou par choc, des travaux d'étalonnage et de démonstration de résistance et de capacités. Ils étaient expédiés ensuite, comme les élèves de nombre de nos écoles modernes de T. S. F., dans la Flotte. Boiti-Gy.

CHRONIQUE FINANCIÈRE

Société avignonnaise d'Électricité. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 2 mai 1927, page 367, cette société dont le siège est à Avignon, 15, place de la Principale, va procéder à une augmentation de capital de 2 400 000 fr par la création de 24 000 actions nouvelles de 100 fr chacune, émises avec une prime de 5 fr, ce qui portera le capital social à 4 800 000 fr, divisé en 48 000 actions de 100 fr.

Ces 24 000 actions seront libérées à la souscription du quart du capital nominal et de la totalité de la prime ; le versement du surplus s'effectuera aux époques et dans les proportions qui seront déterminées ultérieurement par le conseil d'administration.

La souscription de ces 24 000 actions nouvelles est réservée aux propriétaires des actions anciennes.

Compagnie générale de Travaux d'Eclairage et de Force. Anciens Etablissements Clémançon. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice net de 1 374 326 fr auquel vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 6 721 fr.

Ce bénéfice a été réparti comme il suit : aux divers amortissements, 536 105 fr ; à la réserve légale, 41 911 fr ; au capital-actions 5 pour 100, 200 000 fr ; au conseil d'administration 10 pour 100 sur le reliquat des bénéfices, 59 630 fr ; au capital-actions à titre de dividende supplémentaire 12 pour 100, 480 000 fr ; à la réserve pour complément d'assurances contre l'incendie, 50 000 fr ; à un compte à reporter, 13 000 fr.

Le dividende ressort à 52,50 fr bruts par titre.

Digitized by Google

Forges et Ateliers de Constructions électriques de Jeumont. — Les comptes de l'exercice 1926, qui seront soumis à l'assemblée ordinaire du 20 mai 1927, font ressortir un bénéfice net de 12 444 386 fr, contre 8 834 817 fr en 1925.

Le conseil proposera de porter le dividende de 20 fr à 27,50 fr par action et de 31,90 fr, à 55,813 fr par part.

Les principaux postes au bilan sont :

A l'actif : compte de premier établissement, 50 986 048,89 fr ; portefeuille, 32 456 291,82 fr ; approvisionnements, travaux en cours et provisions sur commandes en cours, 109 millions 904 537,24 fr ; caisse et banquiers, 29 814 225,11 fr ; débiteurs divers, 64 558 338,17 fr ; annuités de l'Etat, 56 412 775 fr.

Au passif : capital, 80 000 000 fr ; réserves et amortissements divers, 53 695 384,37 fr ; provision pour éventualités, 15 000 000 fr ; provision pour régularisation des cours des matières premières et du portefeuille, 9 151 165,94 fr ; créditeurs divers, 69 288 965,17 fr ; provisions reçues sur commandes en cours, 45 550 944,07 fr ; obligations, 25 220 000 fr ; intérêts à recevoir de l'État, 22 677 752 fr ; profits et pertes, 12 444 386,51 fr.

Société lyonnaise de Lumière et Force. — Les comptes de l'exercice 1926 qui ont été soumis à l'assemblée ordinaire du 24 mai 1927 se soldent par un bénéfice de 651 174 fr. Le conseil a proposé le maintien du dividende à 40 fr par action.

Compagnie Radio-Maritime. — Les comptes de l'exercice 1926 font ressortir un produit brut de 17 321 675 fr.

Déduction faite des frais généraux et après affectation de 1 206 171 fr aux amortissements le bénéfice net ressort à 3 097 056 fr, contre 2 093 719 fr en 1925. A ce bénéfice vient s'ajouter le report antérieur, soit 269 985 fr.

Le conseil proposera de porter le dividende de 22 fr à 25 fr par action.

Compagnie Electro-Mécanique. — Les comptes de l'exercice 1926 font ressortir un bénéfice d'exploitation de 6 millions 924 527 fr auquel vient s'ajouter le report de l'exercice précédent, soit 520 810 fr.

Déduction faite des intérêts sur obligations, 2 300 942 fr et après affectation de 4 610 358 fr aux amortissements, le solde disponible s'élève à 533 856 fr, contre 520 810 fr en 1925.

Le conseil proposera de reporter ce solde à nouveau.

Electricité d'Alep. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 30 mai 1927, cette société dont le siège est à Paris, 156, rue de l'Université, va procéder à une augmentation de capital de 7 millions de francs à réaliser au moyen de l'émission de 14 000 actions nouvelles de numéraire de 500 fr. chacune, à libérer entièrement lors de la souscription, suivant autorisation donnée par l'Assemblée générale extraordinaire du 17 mars 1926 et décision prise par le conseil d'administration le 4 mai 1927.

Les exploitations électriques. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 23 mai 1927, cette société dont le siège est à Paris, 156, rue de l'Université, va procéder à une augmentation de capital de 20 millions de francs, au moyen de l'émission de 80 000 actions nouvelles au capital nominal de 250 fr chacune, à souscrire contre espèces et à libérer du quart, soit 62,50 fr, lors de la souscription, et du surplus au 1er août 1927.

Ces actions nouvelles seront créées avec jouissance du 1er août 1927.

Après réalisation définitive de cette augmentation de capital, le capital social se trouvera porté à 45 millions de francs représenté par 180 000 actions de 250 fr.

Forces motrices du Haut-Rhin. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, du 23 mai 1927, cette société dont le siège est à Mulhouse (Haut-Rhin), va procéder à une augmentation du capital de 75 millions de francs à 107 500 000 fr par l'émission de :

50 000 actions ordidinaires de 500 fr, dénommées actions « O » et 15 000 actions à vote plural, de 500 fr. dénommées actions « P », donnant droit, dans les assemblées ordinaires et extraordinaires, à dix voix chacune.

Ainsi, après ladite opération, les 107 500 000 fr de capital se diviseront en 200 000 actions ordinaires, dites actions « O », et 15 000 actions à vote plural, dites actions « P ».

Société des Forces motrices de la Loue. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 25 mai 1927, cette société, dont le siège est à Paris, 29, rue de Rome, va procéder à une augmentation du capital social à 12 500 000 fr par l'émission de 18 000 actions de 250 fr chacune, semblables à celles déjà existantes, à souscrire en espèces et au pair et libérables de la totalité à la souscription. Il sera réservé un droit de préférence pour 9 000 actions en faveur des porteurs des actions nos 1 à 2 800 créées lors de la constitution de la société et les 9 000 actions de surplus en faveur des actionnaires actuels.

Société des Forces motrices réunies du Lignon de la Loire. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales oligatoires* du 16 mai 1927, cette société, dont le siège est à à Boen-sur-Lignon, va augmenter son capital social de 1 520 000 fr par l'émission au pair de 2 640 actions de 500 fr chacune, représentant un capital de 1 520 000 fr.

Ces 2 640 actions seront émises au pair et payées intégralement lors de la souscription.

La souscription a été ouverte le 20 mai 1927 et close le 31 mai 1927.

Les actions nouvelles auront droit à l'intérêt ou premier dividende et participeront à l'égal des actions anciennes au dividende supplémentaire à compter seulement du 1er juillet 1927. En conséquence elles n'auront aucun droit ni à titre d'intérêt ni à titre de dividende sur les résultats de l'exercice 1926-1927.

Un droit de préférence à la souscription de ces 2 640 actions est réservé aux propriétaires des 7 920 actions existant actuellement, à raison d'une action nouvelle pour trois actions anciennes.

Les réparations électriques du Poitou. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 16 mai 1927, page 420, cette société en formation a pour objet l'ouverture et l'exploitation de tous ateliers de réparation et de construction de machines électriques et mécaniques de tous systèmes, notamment à Poitiers, et recharge d'accumulateurs ;

Toutes recherches et études relatives au matériel électrique et mécanique et tous achats et revente de ce matériel.

Le siège social est à Poitiers, 33, rue Théophraste-Renaudot.

Le capital social est fixé à 100 000 fr, divisé en 200 actions de 500 fr chacune, nominative ou au porteur, qui devront être libérées d'un quart lors de la souscription, et le surplus suivant les appels du conseil d'administration, qui est statutairement autorisé à augmenter le capital social, en une ou plusieurs fois, à un million de francs, aux taux, charges et conditions qu'il fixera, sans qu'il soit besoin d'une autorisation de l'assemblée générale des actionnaires.

Compagnie de Constructions et d'Applications électromagnétiques. — L'assemblée ordinaire, tenue le 6 mai 1927, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant, après amortissements, par un bénéfice net de 51 283 fr.

Déductien faite de la réserve légale, ce bénéfice a été reporté à nouveau.

Digitized by Google

Compagnie continentale Edison. — L'assemblée du 12 mai 1927 a approuvé les comptes de l'exercice 1926, se soldant par un bénéfice net de 1 858 850 fr.

Le dividende a été fixé à 40 fr par actions anciennes, 28,75 fr par action nouvelle complètement libérée au 30 juin 1926, et 21,25 fr par action nouvelle libérée au 31 décembre 1926. Les actionnaires ayant reçu, le 15 décembre, un acompte qui a été respectivement de 30 fr, 18,75 fr ou 11,25 fr, le solde sera de 10 fr, sous déduction de l'impôt sur le revenu.

La part recevra 20 fr de dividende.

Compagnie de Distribution d'Énergie électrique des Moulineaux. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice clos le 31 mars 1927 se soldant par un bénéfice de 3534 fr auquel vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 7709 fr.

Ce bénéfice a été reporté à nouveau.

Une assemblée extraordinaire, tenue à la suite, a reporté au 31 mars la date de clôture de l'exercice social, fixée jusqu'ici au 31 octobre.

Tramways électriques de Nîmes. — L'assemblée ordinaire, du 5 mai 1927, a approuvé les comptes de l'exercice 1926, accusant un solde bénéficiaire de 146 061 fr.

Le dividende net a été fixé à 15 fr par action.

Tramways électriques de Besançon. — L'assemblée ordinaire du 5 mai 1927 a approuvé les comptes de l'exercice 1626, dont le bénéfice net ressort à 66,131 fr.

Le dividende a été fixé à 10 fr par action.

Tramways électriques de Montpellier. — Les comptes de l'exercice 1926, approuvés par l'assemblée ordinaire du 5 mai 1927, se soldent par un bénéfice net de 226 296 fr. Le dividende net a été fixé à 12,50 fr.

Tramways électriques de Châlons-sur-Marne. — L'exercice 1926 s'est soldé par un bénéfice de 23 152,56 fr. Le dividende a été fixé à 4 fr par l'assemblée ordinaire tenue le 5 mai 1927.

Tramways électriques de Dijon. — Après avoir approuvé les comptes de l'exercice 1926 présentant un solde bénéficiaire de 72 213,40 fr. l'assemblée ordinaire tenue le 3 mai 1927 a décidé de répartir 9 fr par action.

Tramways électriques de Béziers. — L'assemblée ordinaire, tenue le 5 mai 1927, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par une perte de 5075,50 fr.

Tramways de Bordeaux-Bouscat, Le Vigean et Extensions. — L'assemblée ordinaire tenue le 5 mai 1927, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 et décidé la répartition d'un nouvel acompte de 8 fr par action non amortie et de 3 fr par action de jouissance.

Tramways de Cherbourg. — Les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un déficit de 140 489,59 fr ont été approuvés par l'assemblée ordinaire, tenue le 5 mai 1927.

Société pour l'Étude des grands Travaux, notamment par application du plan Dawes. — Nouvellement constituée, cette société anonyme a pour objet l'étude de toutes usines hydroélectriques, de toutes entreprises en vue de la production, de la distribution et de l'utilisation de l'énergie électrique, et en général, de tous travaux publics et particuliers. Le siège est à Paris, 75, avenue des Champs-Elysées. Le capital est de 300 000 fr, en actions de 500 fr toutes souscrites en numéraire.

Didier et Cie. Ateliers électriques de Pierrefitte. — Conservant sa dénomination, cette société en nom collectif vient d'être transformée en société à responsabilité limitée. Le siège est à Paris, 124, boulevard Magenta. Le capital est de 1 850 000 fr, en 3700 parts de 500 fr chacune. MM. Léon-Louis Bardin, à Paris, 21, passage Lathuile, et René-Jules Didier, industriel, à Pierrefitte, 67, rue Etienne-Dolet, ont été nommés gérants.

Société industrielle et Force. — Les comptes de l'exercice 1926 soumis à l'assemblée ordinaire du 19 mai se soldent par un bénéfice net de 1 215 996 fr (report antérieur compris), contre 1 160 324 fr en 1925.

Ce bénéfice se répartit comme il suit : réserve légale, 56 960 fr; dividende brut de 3,70 fr par action, 1 056 000 fr; report à nouveau, 121 035 fr.

Compagnie d'Electricité industrielle. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 laissant un solde déficitaire.

Radio-Orient. — Une assemblée extraordinaire tenue récemment a décidé la réduction du capital de 8 millions de francs à 7 550 000 fr par l'annulation de 900 actions B de 500 fr.

L'assemblée ordinaire tenue ensuite a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice net de 652 328 fr auquel vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 22 848 fr.

Le dividende a été fixé à 57,058 fr par action B et 35 fr par action A. Une somme de 82 090 fr a été reportée à nouveau.

Société d'Electricité de la Sarre et de la Lorraine. — L'assemblée ordinaire, tenue le 6 mai 1927, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice d'exploitation de 738 855 fr, auquel vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 69 442 fr.

Déduction faite de 117 961 fr d'amortissement et après affectation de 574 000 fr au fonds de renouvellement, le bénéfice net ressort à 316 334 fr.

Le dividende a été fixé à 20 pour 100.

Le rapport du conseil signale que durant cet exercice, la société a étendu son réseau de distribution. Elle a livré 27 567 071 kw-h contre 21 275 740 en 1925.

Energie électrique du Maroc. — Les bénéfices de 1926 atteignent 827 218 fr contre 865 297 fr. Le dividende a été maintenu à 30 fr net pour les actions A et 52,50 pour les actions B (dont 15 fr et 16,25 fr, respectivement déjà payés). L'assemblée du 11 mai a élevé de 75 à 200 millions de francs l'autorisation d'émission, en une ou plusieurs fois, d'obligations ou de bons.

Société parisienne pour l'Industrie des Chemins de fer et des Tramways électriques. — Les comptes de l'exercice clos au 31 décembre 1926, présentés à l'assemblée du 19 mai 1927, font apparaître un bénéfice net de 5 098 319 fr.

A l'actif on trouve : Portefeuilles et titres, 51 515 529 fr; immeubles, 3 336 500 fr; mobilier, 1 fr; disponibilités et débiteurs divers, 18 884 283 fr; participations et entreprises en cours, 5 792 825 fr; matériel, outillage, approvisionnement, 1 828 917 fr; compte d'ordre, 1 842 562 fr.

Au passif : capital, 65 millions de francs; réserve légale, 2 620 099 fr; provisions pour créance sur les affaires en Russie, 1 975 941 fr; créditeurs divers, 6 154 710 fr; coupons restant à payer, 306 984 fr; compte d'ordre, 1 842 562 fr.

La répartition est la suivante : 4 pour 100 au capital versé, soit 2 600 000 fr; un deuxième dividende de 6 fr aux actions, soit 1 560 000 fr et 20,80 fr aux parts bénéficiaires, soit 520 000 fr. Après attributions à la réserve légale et au conseil, le solde, soit 23 253 fr, sera reporté à nouveau.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

Traitement thermique de l'acier et ses essais, par G. Franche. — Un vol. 11 cm × 18 cm de 239 pages. — Prix : 18 fr. — *Desforges, Girardot et Cie*, éditeurs.

Les principales opérations d'usinage, dans les ateliers de Mécanique, sont aujourd'hui basées sur des travaux scientifiques dont l'auteur a montré ici les applications usuelles et simples dans l'organisation de l'outillage moderne; pour peu que l'on ait suivi les progrès récents de cet outillage en vue de la Série, lesquels ont été réalisés grâce, surtout, à la connaissance des aciers et à la façon raisonnée de les préparer, on se rendra compte de l'intérêt qui s'attache à une telle étude, écrite sans théorie inutile par un technicien bien connu.

Les titres des chapitres suffiront d'ailleurs à définir le caractère pratique de cet ouvrage : Elaboration du métal. — Essais mécaniques. — Métallographie. — Chauffe et refroidissement. — Changements physiques. — Recuit, trempe, revenu. — Emploi des aciers.

Marcellin Berthelot (1827-1907), par A. Boutaric. — Un vol. 14 cm × 23 cm, 220 pages. — Prix : 15 fr. — *Librairie Payot*, éditeur.

Marcellin Berthelot dont on va prochainement fêter le centenaire est, sans contredit, un des plus puissants génies qu'ait vu éclore le XIXe siècle. Sa fécondité fut exceptionnelle. Son œuvre scientifique, qui ne comprend pas moins de trente volumes et de quinze cents notes ou mémoires, a porté sur les sujets les plus variés de la physique, de la chimie et des sciences de la vie. Dans bien des domaines il a eu le bonheur d'introduire des idées nouvelles d'une rare fécondité.

C'est lui qui, le premier, montra la possibilité de reproduire au laboratoire l'immense variété des corps qui s'élaborent au sein des êtres vivants et de créer de toute pièce les substances susceptibles de rivaliser, pour les applications, avec les produits naturels les plus précieux. La synthèse chimique, d'où est sorti le prodigieux développement de la chimie moderne, est l'une de ses créations les plus originales. Mais dans combien d'autres domaines n'a-t-il pas montré toute sa puissance d'invention ! L'étude de la chaleur dégagée dans les réactions ou thermochimie, les fermentations, les transformations si multiples et si variées qui se produisent au sein des végétaux, les explosifs, ont fait l'objet de découvertes dont une seule suffirait à immortaliser son nom.

Mais Berthelot n'avait rien du savant qui vit cantonné dans sa spécialité. Dans les travaux purement scientifiques, son esprit philosophique se manifeste par une aptitude remarquable à dégager l'idée générale de la multiplicité des faits. Il avait toutes les curiosités. Rien de ce qui intéresse la vie spirituelle de l'homme ne lui était étranger. C'est ainsi qu'il scruta avec un rare bonheur les origines de la science à laquelle il se consacrait. Il a su pénétrer le mystère si passionnant de l'alchimie. Il nous a révélé par quelles voies détournées la science des Grecs et des Egyptiens s'est transmise jusqu'à nous à travers le Moyen Age et a été l'origine de la chimie moderne. Il a exprimé dans des livres et des articles de revue des idées extrêmement originales sur la science, la philosophie et la morale. Il a joué un rôle politique de premier plan et son activité inlassable s'est manifestée par des initiatives heureuses comme sénateur et comme ministre.

Par son amitié avec Renan, par ses relations avec les Taine, les Sainte-Beuve, les de Goncourt, les Claude Bernard, il a été mêlé au mouvement intellectuel si intense en France à la fin du XIXe siècle.

Ce sont les divers aspects de cette pensée toujours en éveil, ouverte à tout ce qui est noble, grand et généreux que M. Boutaric a essayé de fixer. Il nous expose, sans employer aucun terme technique, et en une langue simple, susceptible d'être entendue de tous, les grandes lignes d'une œuvre scientifique que personne ne peut ignorer. Il dégage des recherches de Berthelot sur l'histoire des sciences des conclusions d'une haute portée générale relativement à la genèse et à l'évolution des doctrines scientifiques. Il analyse ses conceptions philosophiques sur la science, la morale et l'éducation. Il nous le montre contribuant de toutes ses forces à la défense de Paris pendant le siège de 1870, puis prenant part avec un large esprit de tolérance et de compréhension à la vie publique. En un chapitre curieux, il fait revivre cette amitié d'un caractère si rare entre Berthelot et Renan. Enfin il essaye de reconstituer la psychologie de ce penseur puissant et infatigable qui sut vibrer jusqu'à la fin pour tout ce qui est noble et grand, et qui, au soir de sa vie, à l'heure où se repliant sur soi-même on revit le passé, pouvait se rendre ce témoignage : « J'ai vécu fidèle au rêve de justice et de vérité qui avait ébloui ma jeunesse ».

Digitized by Google

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

N° 841 SUPPLÉMENT 10 Juillet 1927.

RENSEIGNEMENTS DIVERS

Conseil national économique. — Le *Journal officiel* du 1er juillet publie la composition du Conseil national économique. Nous sommes heureux d'y relever comme représentants des techniciens : Membres titulaires : MM. Roger Francq, ingénieur agricole, président de l'Union syndicale des techniciens de l'industrie, du commerce et de l'agriculture; Boucherot, président de l'Union syndicale des techniciens de l'industrie, du commerce et de l'agriculture; Boucherot, président de l'Union des syndicats d'ingénieurs. — Suppléants : MM. Fleurent, ingénieur, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers; Bethenod, ingénieur (Association des inventeurs et artistes industriels); Mathieu, ingénieur métallurgiste; Dubois, secrétaire de l'Union des syndicats d'ingénieurs.

Quatrième Congrès de l'Artisanat français. Vœux adoptés. — Ce Congrès vient de se tenir à Grenoble les 18, 19 et 20 juin 1927.

Les vœux suivants ont été votés au cours du congrès et que le groupe parlementaire de défense artisanale soumettra prochainement au président du Conseil des Ministres :

Le Congrès émet le vœu :

1° Que les artisans soient exonérés de la taxe sur le chiffre d'affaires, au moins à concurrence de 3 pour 100 sur ventes accessoires aux produits de leur fabrication;

2° Que les artisans âgés de plus de 55 ans et qui continuent à travailler soient exemptés de tous impôts;

3° Qu'il soit institué un organisme chargé d'examiner, sans frais et rapidement, les différends entre les artisans et les contrôleurs des contributions directes dans le cas où ceux-ci refusent le certificat artisanal conformément à l'article 10 de la loi du 30 juin 1924;

4° Que le contrôleur soit tenu de remettre aux artisans faisant leur déclaration, un certificat artisanal, en double exemplaire, dont un pour le bénéficiaire et un pour l'administration des contributions indirectes;

5° Que les artisans puissent comprendre dans leurs dépenses professionnelles une somme de 12000 fr en rémunération du travail qu'ils fournissent;

6° Qu'en cas de taxation d'office les demandes en décharge adressées par les artisans au préfet soient soumises au Conseil de préfecture dans un délai maximum de trois mois;

7° Qu'en aucun cas, des poursuites en recouvrement ne puissent être intentées par les administrations avant la décision du Conseil de préfecture;

8° Que les actions portées devant le Conseil de préfecture par les artisans soient suspensives de paiement;

9° Que les artisans photographes soient exonérés de la patente;

10° Le Congrès demande : *a*) à la Chambre des Députés, de voter le plus rapidement possible la proposition de loi relative à l'organisation de l'apprentissage; *b*) aux auteurs des propositions de loi Verlot et Paulin, de se mettre d'accord pour permettre le vote rapide d'une loi réglant l'organisation de l'apprentissage des métiers; *c*) à la Direction générale de l'Enseignement technique, la création d'une commission d'apprentissage artisanal en vue de régler toutes les questions intéressant cet apprentissage; *d*) que les examens de fin d'apprentissage soient passés par les Chambres de Métiers organisées par la loi du 26 juillet 1925.

Le Congrès a demandé, en outre, que le règlement d'administration publique concernant l'application de la loi tendant à la création des Chambres de Métiers paraisse le plus rapidement possible au *Journal officiel*; que des instructions soient données par le Ministère du Travail, s'inspirant des aspirations artisanales et en assurant la réalisation effective et morale; que les organisations artisanales fassent le nécessaire pour que, dans le département, soient créées le plus rapidement possible ces organisations nécessaires; enfin il a réclamé le vote rapide par le Parlement du projet de loi sur les assurances sociales et son application immédiate.

Académie des sciences. — Dans sa séance du lundi 20 juin 1927, l'Académie des Sciences a procédé à l'élection d'un membre de la Section de Physique, en remplacement de Daniel Berthelot, collaborateur de notre rédaction et administrateur de notre société.

M. Ch. Fabry, professeur à la Sorbonne, directeur de l'Institut d'Optique et président actuel de la Société française des Electriciens, a été élu.

On sait que les travaux du nouvel académicien ont surtout porté sur l'étude des radiations et que c'est sous son active impulsion qu'a été créé l'Institut d'Optique, dont les vastes bâtiments, inaugurés officiellement, il y a quelques mois, ont été construits grâce aux concours financiers des industriels et à l'attribution d'une subvention prélevée sur les fonds de la souscription nationale en faveur des laboratoires. On sait aussi que lors de la création à l'École supérieure d'Électricité de la Section de l'Éclairage, c'est à M. Ch. Fabry que la Société des électriciens s'est adressée pour enseigner dans cette section, les principes généraux qui doivent présider à l'étude des installations d'éclairage par l'électricité.

Dans le monde savant. — Nos lecteurs qui connaissent tous M. Barbillion, l'éminent directeur de l'Institut polytechnique de Grenoble, dont nous avons souvent publié les travaux remarquables apprendront avec plaisir que *le samedi 11 juin, devant la Faculté des Lettres de l'Université de Grenoble, Mlle Geneviève Barbillion, fille de notre excellent ami et collaborateur Louis Barbillion, a présenté comme thèses pour le doctorat ès lettres deux ouvrages sur les* Lectures de Maine de Biran (*thèse complémentaire*) *et sur* L'idée de Dieu dans la philosophie de Maine de Biran (*thèse principale*). *Après une soutenance fort intéressante, à laquelle ont pris part, à côté du doyen M. Morillot, MM. Thouverez, de Toulouse; Tisserand, de Paris: Chevalier, rapporteur, et Monglond, de Grenoble,*

Digitized by Google

Mlle Barbillion a été déclarée à l'unanimité digne du titre de docteur ès lettres.

Nous adressons à tous deux nos plus sincères félicitations.

Le béton réfractaire, par B. Jarrier. (*Chaleur et Industrie*, mars 1927, p. 140.) — On a étudié, à la station centrale de Louisenthal, des Mines domaniales françaises de la Sarre, la possibilité d'utiliser sur place, pour la fabrication d'un béton réfractaire, les déchets réfractaires (briques silico-alumineuses) provenant de démolitions. Les résultats ont été très encourageants.

Les débris de matériaux réfractaires sont broyés et tamisés. Ils sont ensuite mélangés aussi intimement que possible à du ciment alumineux (ciment fondu), dans la proportion en volume de 1 partie de ciment pour 2 à 5 parties de coulis réfractaire, suivant les applications. Le tout est gâché avec environ 20 pour 100 d'eau. On obtient ainsi un véritable béton qui se laisse couler, mouler, fait prise puis durcit. Le durcissement est terminé après quelques heures. On peut ainsi soit faire des briques de four de forme déterminée, soit réaliser sur place des garnissages monolithes.

Le produit ainsi constitué à partir du ciment alumineux contenant environ 10 pour 100 de silice, 40 pour 100 d'alumine, 40 pour 100 de chaux et 10 pour 100 de sesquioxyde de fer, a pour composition moyenne : silice 38 pour 100, alumine 38 pour 100, chaux 16 pour 100, sesquioxyde de fer 8 pour 100. La cuisson se fait sur place et ce béton réfractaire, dont le point de fusion est voisin de 1400°, se comporte bien au feu.

CHRONIQUE FINANCIÈRE

Société nantaise d'Eclairage et de Force par l'Électricité. — L'assemblée ordinaire qui a eu lieu le 19 mai 1927 a approuvé les rapports et les comptes de l'exercice 1926, se soldant par un bénéfice net de 6 587 011 fr, dont voici la répartition : réserve légale, 305 005 fr ; intérêt statutaire des actions de priorité, 3 150 000 fr ; intérêt statutaire des actions ordinaires, 1 050 000 fr ; tantièmes statutaires, 111 654 fr ; dividende des actions de priorité et ordinaires, 900 000 fr ; dividende des parts, 600 000 fr ; report à nouveau, 470 354 fr.

Le dividende brut est ainsi fixé à 21,25 fr par action de priorité ou ordinaire et à 15 fr par part bénéficiaire.

Un acompte sur le dividende des actions ayant été payé le 27 décembre dernier, à raison de 17,50 fr par action, le solde sera payable à partir du 15 juin prochain, contre remise du coupon n° 23 des actions ordinaires et du coupon n° 7 des actions de priorité, à raison de net 3,05 fr. A la même date sera payé le dividende des parts à raison de net 11,40 fr au nominatif. En ce qui concerne les parts au porteur, les impôts leur enlèvent toute répartition.

Compagnie du Secteur électrique des Voûtes d'Alger. — L'assemblée ordinaire, tenue le 19 mai 1927, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice net de 187 588 fr.

Ce bénéfice a été réparti comme il suit : réserve d'amortissement, 56 668 fr ; réserve légale, 9204 fr ; participation direction, 3492 fr ; intérêts statutaires aux actions, 56 000 fr ; conseil d'administration 8222 fr ; dividende complémentaire, 74 000 fr. Le dividende ressort à 15 fr brut sur lequel un acompte de 10 fr a déjà été versé.

Une assemblée extraordinaire, tenue ensuite, a régularisé l'augmentation du capital, porté de 1 000 000 fr à 1 500 000 fr par l'émission, à 170 fr. de 5000 actions de 100 fr.

Une seconde assemblée extraordinaire a autorisé le conseil à porter ultérieurement ce capital de 1 500 000 fr à 3 millions de francs.

S. A. Établissements Merlin et Gerin. — L'assemblée générale des actionnaires, tenue à Grenoble le 25 avril 1927, a constaté la situation favorable de cette société.

Le bénéfice d'exploitation pour l'exercice 1926 s'élève à 662 856 fr, après 862 961 fr d'amortissements.

Un dividende de 7,5 pour 100 a été voté : il sera mis en paiement à partir du 30 juin prochain. Il absorbera 375 000 fr.

Électro-Métallurgie, Électro-Chimie et Aciéries électriques d'Ugine. — Le produit brut d'exploitation a atteint 25 880 000 fr pour l'exercice 1921 contre 20 500 000 fr en 1925. Après avoir soldé le compte de grosses réparations de 986 000 fr, doté les amortissements industriels de 11 600 000 fr et constitué une provision de 1 400 000 fr pour amortissement de charges obligataires, le solde disponible, compte tenu du report antérieur, s'établit à 10 660 000 fr contre 9 millions pour l'exercice précédent.

Le conseil proposera à l'assemblée ordinaire, convoquée pour le 16 juin 1927, de porter 2 millions de francs à la réserve extraordinaire et de distribuer un dividende de 50 fr brut par action ancienne contre 45 fr l'an dernier, les actions nouvelles n'ayant droit qu'à un demi-coupon.

Société Indo-Chinoise d'Électricité. — Le conseil proposera à la prochaine assemblée ordinaire de maintenir le dividende, pour l'exercice 1926, à 125 fr brut par action de capital et 100 fr par action de jouissance.

Tramways de Paris et du Département de la Seine. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 présentant un solde créditeur de 3 727 815,82 fr. Le dividende a été fixé à 15 fr par action.

Société française Radio-électrique. — Les comptes de l'exercice 1926, soumis à l'assemblée ordinaire du 8 juin 1927, se soldent par un bénéfice brut de 4 265 862 fr contre 3 626 901 fr en 1925.

Déduction faite des frais généraux et après affectation de 703 459 fr aux amortissements, le bénéfice net ressort à 3 003 696 fr contre 2 129 958 fr.

Le conseil a porté le dividende de 15 à 20 fr par action.

Société lozérienne d'Énergie électrique. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 16 mai 1927, cette société dont le siège est à Cheylard (Ardèche), rue de l'Hôtel-de-Ville, va procéder à l'émission de 500 obligations de 500 fr chacune, soit une augmentation de capital de 250 000 fr, pour faire face aux dépenses d'exécution des travaux de la ligne à haute tension de Mende à Marvejols (Lozère) et du réseau intérieur dans cette dernière ville pour la distribution de l'énergie électrique pour tous usages.

Ces obligations seront remboursables en 35 annuités par voie de tirage au sort et par rachat à partir de la cinquième année. Elles rapportent un intérêt de 7,50 pour 100 brut, jouissance du 15 mai 1927.

Société d'Énergie électrique de la Sorgue et du Tarn. — L'assemblée ordinaire, tenue le 18 mai 1927, a approuvé les comptes de l'Exercice 1926 se soldant, après 1 255 695 fr d'amortissements, par un bénéfice net de 781 280 fr.

Le dividende a été fixé à 7,5 pour 100 brut.

Digitized by Google

Tramways de Nice et du Littoral. — Les comptes de l'exercice 1926 font ressortir un solde créditeur de 259 515 fr contre 312 402 fr en 1925. Ce solde sera reporté à nouveau.

Société de Gaz et d'Electricité du Sud-Est. — L'assemblée ordinaire tenue à Lyon, le 25 mai 1927, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice de 3 015 761,07 fr. Le dividende a été fixé à 8 pour 100 net de tous impôts, sauf l'impôt de transmission, assurant une répartition de 40 fr par action entièrement libérée pendant l'exercice; à 28,75 fr par action entièrement libérée le 30 juin et 17,50 fr par action libérée le 31 décembre dernier seulement. Un acompte ayant déjà été payé, le solde est mis en distribution depuis le 1er juin à raison de 25 fr net aux nominatives entièrement libérées, 20,05 fr au porteur et 15,75 fr aux actions nominatives libérées le 31 décembre 1926 seulement.

Compagnie d'Electricité de Béziers. — L'assemblée ordinaire, tenue le 18 mai 1927, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant, après 336 575 fr d'amortissements, par un bénéfice net de 176 400 fr. Le dividende a été fixe à 5 pour 100 brut.

Energie électrique du Sud-Ouest. — L'assemblée ordinaire, tenue le 19 mai 1927, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice net de 7 194 945 fr.

Ce bénéfice a été réparti comme suit : à la réserve légale, 345 604 fr; dividende de 8 pour 100, soit 40 fr par titre, aux 60 000 actions de priorité, 2 400 000 fr; dividende de 6 pour 100, soit 30 fr par titre, aux 60 000 actions ordinaires, 1 800 000 fr; tantième statutaire, 236 648 fr; à la réserve extraordinaire, suivant article 42 des statuts, 83 925 fr; dividende supplémentaire de 2 pour 100, soit 10 fr par titre, aux 60 000 actions ordinaires, 600 000 fr; superdividende de 2 pour 100, soit 10 fr par titre, aux 120 000 actions, 1 200 000 fr; report à nouveau, 528 768 fr.

Le dividende ressort à 50 fr par action.

Société de Distribution d'Electricité de l'Ouest. — Les comptes de l'exercice 1926 se soldent par un bénéfice net de 2 422 705 fr contre 1 447 177 fr en 1925.

Le conseil proposera de porter le dividende de 20 fr à 22,50 fr par action.

Société de Contrôle de Réseaux ruraux. — L'assemblée ordinaire tenue récemment a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice net de 196 659 fr, auquel vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 1 877 fr.

Le dividende a été fixé à 8 pour 100 brut par action. D'autre part, les souscripteurs des 25 000 actions nouvelles recevront, à partir du 1er juin, un intérêt intercalaire pour l'exercice 1926 de 6 pour 100 brut sur les versements effectués par eux dans le courant de cet exercice.

Une assemblée extraordinaire, tenue ensuite, a régularisé l'augmentation du capital porté de 3 à 4 millions de francs.

Énergie électrique de l'Est. — Les comptes de l'exercice 1926 soumis aux actionnaires le 29 avril 1927 font apparaître un bénéfice net de 193 577 fr, formant avec le report antérieur un total de 196 858 fr.

L'assemblée a ratifié la mise en distribution de l'acompte de 15 fr brut voté en décembre dernier, et décidé d'ajouter au dividende statutaire de 5 fr bruts un dividende extraordinaire de 25 fr bruts par titre; le solde est actuellement payable contre remise du coupon n° 9 au prix net de 8,20 fr par action nominative et de 7,10 fr par action au porteur.

Société d'Électricité de la région de Valenciennes-Anzin. — L'assemblée ordinaire, tenue le 29 mai 1927 a approuvé les comptes de l'exercice 1926, qui font apparaître un solde bénéficiaire de 7 871 344 fr, lequel a été réparti comme suit : réserve légale, 393 408 fr; dividende de 5 pour 100, 1 362 000 fr; attribution statutaire, 397 329 fr; deuxième dividende de 25 fr; dividende de 171,48 fr aux parts.

En conséquence les dividendes sont fixés à 37,50 fr par action entièrement libérée, 29,43 fr par action libérée de moitié, 171,48 fr par part bénéficiaire. Un acompte de 22 fr par action libérée, de 14,90 fr par action libérée de moitié et de 74,80 fr par part bénéficiaire ayant été mis en paiement le 20 décembre 1926, le solde, soit 15,90 fr par action libérée, 14,53 fr par action libérée de moitié, 96,68 fr par part bénéficiaire, est mis en paiement à compter du 1er juin 1927.

Compagnies réunies de Gaz et d'Électricité. — L'assemblée ordinaire, tenue le 25 mai 1927 à Lyon, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice net de 9 213 567,06 fr, supérieur de 1 864 345,51 fr à celui de l'année 1925. Le dividende a été fixé comme suit : 11,50 fr pour les 508 258 actions anciennes amorties de 25; 13 fr pour les 881 actions nouvelles libérées à l'émission; 11 875 fr pour les 118 489 actions nouvelles entièrement libérées le 1er avril 1926 et le 1er janvier 1927, et 8.50 fr pour les 188 888 actions nouvelles non libérées. Ce dividende a été mis en paiement net le 15 juin à raison de : pour les actions anciennes amorties de 25 fr; 9,45 fr au nominatif et 7,97 fr au porteur. Pour les actions nouvelles entièrement libérées à l'émission, 10,66 fr au nominatif et 9,27 fr au porteur. Pour les actions nouvelles libérées le 1er avril 1926 et le 1er janvier 1927, 9,73 fr au nominatif et 8,95 fr au porteur. Pour les actions nouvelles libérées de 25 fr, 6,97 fr au nominatif.

Société hydroélectrique de la Diège. — Les comptes du deuxième exercice social, clos au 31 décembre 1926, se sont soldés par une légère perte qui a été reportée à nouveau par la récente assemblée ordinaire.

Le rapport mentionne que, durant l'exercice écoulé, les travaux de mise en exploitation de la concession de chute d'eau sur la Diège ont été poussés avec une grande activité, et, sauf imprévu, le conseil espère que la mise en route de l'usine pourra s'effectuer au début du deuxième semestre de l'exercice en cours.

Société de Construction d'Appareils mécaniques et électriques pour Automobiles. — Sous cette dénomination vient d'être constituée une société anonyme au capital de 500 000 fr, représenté par 200 actions B et 800 actions A de 500 fr, chacune; 270 de ces dernières ont été attribuées en rémunération d'apport à la société en commandite simple Charles Sabouret et Cie, à Paris, 88 avenue Émile-Zola. Les 200 actions B ont été allouées à M. Pierre Marchal, ingénieur, à Neuilly-sur-Seine (Seine), 58, boulevard d'Argenson. Le capital pourra, dès à présent, être porté à 1 million de francs.

Le siège de cette société a été fixé 88, avenue Émile-Zola, à Paris.

Société d'Etudes des Forces motrices du Chassézac. — Cette société anonyme nouvellement constituée a pour objet l'étude de toutes chutes d'eau, barrages, dérivations et usines d'énergie dans le bassin du Chassézac et, en général, de tous aménagements de forces hydrauliques dans les départements de l'Ardèche, du Gard, de la Lozère et des départements voisins.

Le siège est à Paris, 25, rue de Courcelles. Le capital est de 650 000 fr, en actions de 500 fr, toutes souscrites en numéraire.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

Radiotechnique générale, par C. Gutton. — Un vol. 16 cm × 24 cm, 570 pages. — Prix : 125 fr. — *J.-B. Baillière,* éditeur.

Les trois ouvrages dont nous donnons aujourd'hui un compte rendu sont signés par des auteurs éminents et il nous est particulièrement agréable de leur rendre ici hommage.

L'ouvrage de M. Gutton, le professeur de la Faculté des Sciences de Nancy, bien connu pour ses travaux sur les lampes à trois électrodes, constitue à lui seul un monument élevé à la science radiotechnique. Le lecteur y trouvera mis au point tous les procédés modernes en usage en T. S. F.; débutant par l'étude du circuit oscillant, l'auteur passe en revue l'entretien des oscillations électriques, puis il étudie la lampe à trois électrodes et ses applications et enfin les postes de T. S. F. d'émission et de réception. Agrémenté de figures très nettes et de schémas très clairs cet ouvrage sera le livre de chevet de tout bon radiotélégraphiste et de tous les ingénieurs en contact de près ou de loin avec cette nouvelle branche de l'électrotechnique.

Les aimants, leur calcul et la technique de leurs applications, par R.-V. Picou. — Un vol. de 16 cm × 25 cm, 110 pages. — *Dunod,* éditeur.

Poursuivant nos comptes rendus dans l'ordre où les ouvrages nous sont parvenus, nous signalons à nos lecteurs un ouvrage unique en son genre, écrit par un ingénieur de la première heure bien connu dans le monde électrique, M. R.-V. Picou. Les aimants ont reçu un grand nombre d'applications; mais, chose curieuse, leur technique est mal connue; dans cette obscurité l'ingénieur ne trouve rien qui puisse le guider vers la solution des problèmes qui se posent journellement.

L'ouvrage de M. R.-V. Picou sera donc le bienvenu puisqu'on y trouvera l'étude du fer et de ses transformations d'abord, la matière des aimants, leur stabilité ensuite. Dans une deuxième partie on trouve la formation des aimants, leur mesure et enfin dans la troisième l'étude de l'aimant armé.

Félicitons M. Picou d'avoir bien voulu rassembler ces données si précieuses appelées à rendre de grands services à ceux qui ont à utiliser les appareils qui comportent des aimants.

L'Électricité, par Lucien Poincaré. — Un vol. 12 cm × 19 cm, 290 pages (18e mille). Édition refondue et augmentée par Paul Bunet. — *Ernest Flammarion,* éditeur.

Est-il besoin de recommander la lecture de cet admirable petit ouvrage écrit par un de nos plus grands savants, vrai chef-d'œuvre de clarté?

Enlevé de trop bonne heure à l'affection des siens, Lucien Poincaré laissait une œuvre qui devait lui survivre. Cependant la science évoluant constamment il appartenait aux éditeurs de maintenir l'ouvrage de Lucien Poincaré au niveau des progrès de la technique. Leur choix pour cela s'est porté sur notre éminent, excellent ami et collaborateur M. Paul Bunet et nous les en félicitons.

Conservant la division de l'ouvrage adoptée par Lucien Poincaré et son texte M. Bunet a ajouté dans chaque chapitre un certain nombre de lignes relatives aux faits survenus depuis la mort du savant. Il a aussi développé les applications pratiques tout en supprimant certaines nouveautés de l'époque démodées aujourd'hui ou mêmes transformées.

Admirable ouvrage dont le caractère à la fois philosophique et technique en rend la lecture attrayante pour tout ingénieur tant soit peu cultivé.

Digitized by Google

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

N° 842 **SUPPLÉMENT** **25 Juillet 1927.**

RENSEIGNEMENTS DIVERS

Société Française des Electriciens. — Comme chaque année, il se tiendra en octobre 1927, la 4e *semaine de discussions de la Société Française des Electriciens* dans la Salle de physique de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, 44, rue de Rennes, à Paris.

Le Programme est le suivant :

Lundi 24 octobre 1927, à 14 h 15.

Allocution de M. Fabry, Président de la Société Française des Electriciens.

Première Section.

Production et Utilisation Mécanique de l'Electricité.

Président : M. Girault, Ingénieur à la Compagnie Française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston.

L'échauffement des machines électriques :
Etude analytique . . . . . M. Rothe.
Etude technique . . . . . M. Girault.

A 20 h. 30.

Etude sur les conditions de fonctionnement d'une génératrice asynchrone isolée de tout réseau d'alimentation et de toute génératrice synchrone. . M. Langlois.
La forme d'onde de la tension en charge dans les alternateurs . . . . . M. Ricalens.

Mardi 25 octobre 1927, à 14 h. 15.

Fin de la première Section.

Deuxième Section.

Éclairage.

Président : M. Leblanc, Directeur de la Société Anonyme Hewittic.

A 20 h 30.

Le pouvoir réflecteur des divers matériaux . . . . . M. Waguet.
Eventuellement, discussion sur les appareils de chauffage. . . . . M. Sartre.

Mercredi 26 octobre 1927, à 14 h 15.

Troisième Section.

Electrochimie. — Electrométallurgie. — Piles. — Accumulateurs.

Président : M. Chaumat, Professeur au Conservatoire National des Arts et Métiers.

Les fours à induction . . . . . M. Bunet.
L'arc électrique de soudure, le matériel électrique utilisé pour son alimentation et les applications de la soudure électrique à l'arc . . . . . M. Brillie.

A 20 h 30.

La soudure électrique . . . . . M. Languepin.
Systèmes de réglage des fours électriques à résistance et à arcs. . . . . M. Mathieu.

Jeudi 27 octobre 1927, à 14 h 15.

Quatrième Section.

Canalisation. — Distribution générale. — Traction.

Président : M. Peridier, Directeur de la Société des transports en commun de la Région Toulousaine.

Le problème de la sécurité dans les chemins de fer. . . . . M. Lemonnier.
La signalisation et le contrôle automatique des trains sur les réseaux d'intérêt général et sur les métropolitains. MM. Courel, Laloy.
La signalisation automatique sur les réseaux américains. . . . . M. Tuja.
Les procédés modernes de récupération en traction électrique . . . . . MM. Guéry, Della, Riccia, Pestarini.

A 20 h 30.

Comparaison du courant continu et du courant alternatif. . . . . M. Mathivet.
Le calcul des pylônes. . . . . M. Lavanchy.

Vendredi 28 octobre 1927, à 14 h 15.

Cinquième Section.

Télégraphie. — Téléphonie.

Président : M. Bethenod, Ingénieur-Conseil.

L'état actuel des câbles téléphoniques à grande distance. . . . . MM. Julia et Lange.
Les haut-parleurs . . . . . M. Le Corbeillier.

A 20 h 30.

Les horloges électriques . . . . . M. Gosselin.
La téléphonique optique à grande vitesse. (Expériences.). . . . . M. Fournier.

Samedi 29 octobre 1927, à 14 h 15.

Sixième Section.

Recherches Physiques. — Physiologie. — Appareils de Mesure.

Président : M. Liénard, Sous-Directeur de l'École Nationale Supérieure des Mines.

Echauffements et essais de vieillissement des fils et câbles sous caoutchouc. . M. Lemenand.
Résumé des discussions de la Conférence des Grands Réseaux sur les câbles H. T. M. de la Gorce.
Erreurs introduites par les transformateurs de mesure dans la mesure d'une puissance (et d'une énergie). . . . . M. Iliovici.

Digitized by Google

CHRONIQUE FINANCIÈRE

Compagnie d'Électricité de l'Ouest-Parisien (Ouest-Lumière). — Les comptes de l'exercice 1926, soumis à l'assemblée ordinaire du 2 juin 1927, se soldent par un bénéfice net de 26015070 fr contre 17319294 fr en 1925, auquel vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 218125 fr.

Le dividende a été fixé à 15 fr brut par action sur lequel un acompte de 10 fr a déjà été versé.

Électricité de la Seine. — L'assemblée ordinaire, tenue le 18 mai 1927, a approuvé le bilan de l'exercice clos le 31 décembre 1926, qui ne présente pas de compte de profits et pertes, la société n'étant pas encore en période d'exploitation.

Electricité du Rupt-de-Mad. — L'assemblée ordinaire, récemment tenue, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant, report antérieur compris, par un bénéfice disponible de 88461 fr. Le dividende a été fixé à 8 1/2 pour 100; il est payable depuis le 1er juin, sous déduction de l'acompte déjà réglé, à raison de 12,50 fr net par action nominative et 11,66 fr net par action au porteur.

Electricité de Strasbourg. — Les comptes de l'exercice 1926, soumis à l'assemblée ordinaire du 27 mai 1927 se soldent par un bénéfice net de 6115900 fr contre 6348951 fr, auquel vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 21035 fr.

Le dividende a été fixé à 10 pour 100, soit 102,50 fr par action au porteur. De plus, une somme de 500000 fr a été affectée au fonds de stabilisation du dividende.

Electricité d'Illkirch-Graffenstaden et d'Eschau. — Les comptes de l'exercice 1926 soumis à l'assemblée ordinaire du 28 mai 1927 se soldent par un bénéfice de 186961 fr. Le dividende a été maintenu à 15 pour 100.

Compagnie du gaz de Lyon. — L'assemblée ordinaire tenue à Lyon, le 13 mai 1927, a approuvé les comptes de l'exercice 1926. Le dividende a été fixé à 30 fr net de tous impôts sur le revenu. Ce dividende sera payé aux actions anciennes, en deux fractions égales de 15 fr chacune, les 15 mai et 15 novembre, sous la seule déduction des taxes de transmission. Quant aux actions nouvelles, elles toucheront, nettes de tous impôts : celles libérées 23,75 fr au nominatif et 22,04 fr au porteur : celles non libérées, 19,06 fr.

Société de Transport d'Energie du Centre. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 25 mai 1927, cette société dont le siège est à Paris 4, rue d'Aguesseau, va procéder à l'émission de 30000 obligations de 500 fr nominal rapportant annuellement à 7 pour 100, soit 35 fr par obligation, payables par coupons semestriels. Le paiement des coupons et le remboursement des titres seront effectués nets de tous impôts présents et futurs, à l'exception des droits de transmission, de transfert et de conversion, qui resteront à la charge des obligataires.

Ces obligations seront remboursables en quinze ans, à partir de la sixième année, soit au pair, par voie de tirages au sort annuels, et conformément à un tableau d'amortissement inscrit au dos des titres, soit par voie de rachats en bourse au-dessous du pair, compte renu de la portion courue du coupon, en épuisant chaque année la totalité de la somme prévue pour le service de l'emprunt.

Dans ce dernier cas, les obligations rachetées en supplément du nombre de titres fixés par le tableau d'amortissement seront imputées sur le ou les derniers tirages de ce tableau.

Le premier amortissement aura lieu le 15 mai 1933, et le dernier le 15 mai 1947 au plus tard.

La société se réserve la faculté de rembourser par anticipation tout ou partie de ces obligations, à partir du 15 mai 1932.

Est-Lumière. Compagnie d'Électricité de l'Est-Parisien. — Les comptes de l'exercice 1926 qui seront soumis à l'assemblée ordinaire du 15 juin 1927 font ressortir un bénéfice d'exploitation de 25139545 fr, auquel vient s'ajouter le revenu du portefeuille, soit 957058 fr.

Déduction faite des charges financières et intérêts divers, le produit brut de l'exercice s'élève à 22442311 fr contre 12962150 fr en 1925, auquel vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 1265514 fr.

Le conseil proposera d'affecter 4849904 fr au compte d'amortissement et de porter le dividende de 18 à 20 fr brut par action libérée et de 14,25 fr à 16,25 fr par action libérée d'un quart. Un acompte de 12 fr brut par action a déjà été versé.

Établissements Keller et Leleux. — L'assemblée ordinaire, tenue le 25 mai 1927, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice de 2336584 fr. Le dividende a été fixé à 10 pour 100.

Une assemblée extraordinaire, tenue à la suite, a décidé de porter le capital de 5250000 fr à 9 millions de francs.

Le matériel isolant. — Les comptes de l'exercice 1926 présentés à l'assemblée du 2 juin 1927 se soldent par un bénéfice net de 245667 fr. Le dividende a été fixé à 55 fr brut par action et de 41,65 fr par part.

Compagnie des Lampes. — L'assemblée ordinaire, tenue le 24 mai 1927, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice de 24655759 fr contre 17 millions 315508 fr en 1925. Compte tenu du report antérieur, le disponible s'élève à 26858655 fr. Le dividende a été fixé à 60 fr par action et à 45 fr par part contre, respectivement, 50 fr et 30 fr précédemment. Une somme de 2155408 fr a été reportée à nouveau.

Société lyonnaise de Lumière et Force par le gaz, l'Électricité et tous autres modes. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 23 mai 1927, cette société dont le siège est à Lyon, 12, rue du Plat, va procéder à l'émission d'une première tranche de 3000 obligations à 7 pour 100 d'une valeur nominale de 500 fr chacune, nettes de tous impôts présents et futurs, à l'exception de la taxe de transmission. L'intérêt sera payable à terme échu, par coupons semestriels, le premier coupon étant payable le 31 octobre 1927.

Ces obligations sont remboursables, en vingt années, à partir du 1er mai 1929, par voie de tirage au sort.

Compagnie du gaz de Lyon. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 23 mai 1927, cette société dont le siège est à Lyon, 3 quai des Célestins, va procéder à l'émission d'une tranche de 25 millions de francs d'obligations de 500 fr de valeur nominale chacune.

Ces obligations nouvelles seront productives d'un intérêt annuel fixe de 6 pour 100, soit 30 fr par titre, payables contre coupons semestriels de 15 fr chacun aux échéances des

Digitized by Google

15 juin et 15 décembre de chaque année, et, pour la première fois, le 15 décembre 1927. Elles seront nettes de tous impôts français présents et futurs, à l'exception de la taxe de transmission qui reste à la charge des obligataires.

Elles seront remboursables dans un délai de 30 années, soit au pair par voie de tirages au sort annuels, conformément à un tableau d'amortissement inscrit au dos des titres, soit par voie de rachats en bourse au-dessous du pair, compte tenu de la portion courue du coupon en épuisant chaque année la totalité de la somme prévue pour le service de l'emprunt. Dans ce dernier cas, les obligations rachetées en supplément du nombre de titres fixé par le tableau d'amortissement seront imputées sur le ou les derniers tirages de ce tableau. Les remboursements n'auront lieu qu'à partir de la sixième année suivant celle de l'émission, par suite le premier sera effectué le 15 décembre 1933 et le dernier le 15 décembre 1962.

Toutefois la compagnie se réserve, à toute époque, à partir du 1er juin 1937, la faculté de rembourser par anticipation tout ou partie de ces obligations.

Compagnie française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice de 31 672 173 fr, qui a été réparti comme il suit : à la réserve légale 5 pour 100, 1 345 904 fr; à la réserve d'amortissement des constructions, matériel et outillage, 15 000 000 fr; à une réserve pour risques divers (fluctuations des prix des matières, etc.), 5 000 000 fr. Le report à nouveau est de 12 326 269 fr.

Constructions électriques de France. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 laissant, après 24 290 844 fr d'amortissements, un solde débiteur total de 30 millions de francs.

Ateliers de Constructions électriques de Lyon et du Dauphiné. — Les actionnaires réunis en assemblée générale ordinaire à Lyon, le 18 juin 1927, ont approuvé le bilan de l'exercice clos le 31 décembre 1926.

Les comptes de l'exercice se présentent sans bénéfice ni perte; comme conséquence du large remaniement effectué, les postes de l'actif figurent au bilan avec des évaluations très prudentes qui permettent à la société d'envisager l'avenir avec confiance.

Toutes les résolutions présentées ont été votées par l'assemblée.

L'appareillage électro-industriel Pétrier, Tissot et Raybaud. — L'assemblée ordinaire tenue le 8 juin 1927, à Lyon, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 faisant ressortir, après 309 721 fr d'amortissements un bénéfice net de 770 279 fr. Elle a voté un dividende de 20 fr brut par action de 100 fr sur lequel un acompte de 10 fr brut a déjà été payé.

L'énergie industrielle. — Le siège de cette société est transféré du 94, rue Saint-Lazare, au 29, rue de Rome, à Paris.

Société Rateau. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice net de 6 197 098 fr. Le dividende brut a été fixé à 30 fr par action et à 60 fr par part.

L'Electrification (Société anonyme des Etablissements L. Guillot et Cie). — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 6 juin 1927, page 522, cette société, dont le siège est à Paris, 15, rue Championnet, va procéder à l'émission de 2000 obligations d'une valeur de 500 fr chacune, rapportant un intérêt annuel de 8 pour 100, remboursables en vingt-cinq années, à partir de 1932.

Electro-Exploitations. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 6 juin 1927, cette société dont le siège est à Paris, 60, rue de Provence, va procéder à l'émission au pair, en totalité ou par fractions, de 4000 obligations de 500 fr rapportant un intérêt annuel de 7,5 pour 100. Ces obligations auxquelles n'est attachée aucune garantie spéciale sont payables en souscrivant. Elles produisent, à partir du 15 juillet 1927, un intérêt annuel de 37,50 fr payable par semestre, les 15 janvier et 15 juillet, sous déduction des impôts, remboursement au pair avant le 1er janvier 1962, la société se réservant le droit de remboursement anticipé, en totalité ou en partie, mais seulement à partir du 1er janvier 1932. Les obligataires sont réunis en société civile.

Société versaillaise de Tramways électriques et de Distribution d'Energie. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, du 30 mai 1927, page 475, cette société dont le siège est à Versailles, 19, rue Georges-Clemenceau, va procéder à l'émission de 4000 actions ordinaires de 250 fr chacune.

Compagnie hydroélectrique d'Auvergne. — L'assemblée ordinaire, tenue à Lyon, le 31 mai 1927, a approuvé le bilan de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice net de 5 523 591,14 fr. Le report antérieur étant de 146 436,62 fr, le total disponible ressort à 5 670 027,76 fr.

Le dividende a été fixé à 45 fr brut par action de priorité, de 50 fr brut par action ordinaire. Ce dividende est payé comme il suit : depuis le 15 juin, 30 fr par action de priorité, soit, net, 24,60 fr au nominatif et 20,34 fr au porteur; 35 fr par action ordinaire, soit, net, 28,70 fr au nominatif et 23,53 fr au porteur; le 15 décembre prochain, 15 fr par action de priorité ou par action ordinaire, soit net, 12,30 fr au nominatif et au porteur.

Sud-Lumière. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice net de 6 269 294 fr, report antérieur compris. Le dividende a été fixé à 16 fr par action de priorité et 172 fr par action de jouissance.

Déduction faite des acomptes déjà versés, le solde sera payable net à raison de 4,92 fr par action de priorité et 77,08 fr par action ordinaire.

Energie électrique du Nord de la France. — Les comptes de l'exercice 1926 se soldent par un bénéfice d'exploitation de 26 815 611 fr contre 20 152 801 fr.

Compte tenu des revenus divers et déduction faite des frais généraux, le bénéfice net ressort, après 8 402 685 fr d'amortissements, à 14 769 853 fr contre 9 871 955 fr. A ce bénéfice vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 995 094 fr.

Le conseil proposera de porter le dividende de 30 à 35 fr brut par action, sur lequel un acompte de 20 fr a déjà été versé.

Société roubaisienne d'Éclairage par le Gaz et l'Électricité. — Les comptes de l'exercice 1926 se soldent par un bénéfice d'exploitation de 26 513 611 fr auquel vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 489 858 fr.

Le conseil proposera de porter le dividende de 48,75 fr à 57,50 fr brut par action, sur lequel un acompte de 20 fr a déjà été versé.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

La transformation des courants électriques, par F. Collin. — Un vol. 17 cm × 26 cm, 240 pages. — Prix : 40 fr. — *Librairie de la Vie technique et industrielle.*

S'il fut un sujet à l'ordre du jour, c'est bien celui de la transformation des courants électriques, opération universellement réalisée aujourd'hui, aussi l'ouvrage ci-dessus est-il intéressant.

On y trouve décrits la plupart des convertisseurs de courants alternatifs en continu et réciproquement. Illustré de nombreuses gravures qui proviennent la plupart des catalogues des constructeurs, ce livre se ressent un peu de l'origine de ses gravures et parfois le texte est bien voisin de celui des notices commerciales. Regrettons que parmi les expérimentateurs qui ont beaucoup travaillé la question, l'auteur ait oublié de citer les travaux de Nodon et d'autres encore. En résumé bon ouvrage de lecture agréable et facile.

Spurenkunde der Elektrizität Electrophysiographie, par le Dr Stefan Jellinek. — Un vol. 17 cm × 25 cm, 100 pages. — Prix : 12 marks. — *Franz Deuticke*, éditeur, Leipzig et Vienne.

Le Dr Jellinek est aujourd'hui universellement connu par ses travaux remarquables sur l'électrobiologie. C'est encore à lui que l'on a recours pour expliquer certaines électrocutions curieuses, aussi lira-t-on avec un grand intérêt ce petit volume rempli de documents et de photographies de divers accidents de travail dus à l'électricité. On y trouve des photographies de chaussures, de vêtements, d'animaux plus ou moins carbonisés et enfin de victimes de l'électrocution. Toutes ces pièces à conviction permettent de se rendre compte du mécanisme de l'électrocution et puissent ceux qui consulteront cet ouvrage (qui devrait être traduit dans toutes les langues) éviter un jour un accident mortel.

Digitized by Google

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

N° 843 SUPPLÉMENT 10 Août 1927.

RENSEIGNEMENTS DIVERS

Électrification de la ligne Genève-Berne. — Depuis le 15 mai, la ligne Berne-Genève des chemins de fer fédéraux est livrée à l'exploitation électrique; toute la ligne importante du lac de Constance à Genève, par Zurich et Berne, est donc maintenant desservie à l'électricité; comme les grandes lignes de communication du nord au sud, de Bâle et Zurich par le Gothard et par le Loetschberg pour l'Italie, et la ligne du Simplon reliant la France à l'Italie étaient déjà exploitées à l'électricité depuis un certain temps; il y a maintenant plus de 70 pour 100 du trafic total des chemins de fer fédéraux qui se fait à la traction électrique. L'économie de charbon réalisée de ce fait est évaluée à 500 000 tonnes par année.

(*L'Electricité pour tous. Bruxelles.*)

Un des plus puissants phares du monde. — On vient d'inaugurer à Paris, au mont Valérien, qui domine de sa haute masse la région parisienne, un phare d'une puissance considérable.

Ce phare, dont la lueur peut se voir de l'Angleterre, avait été conçu et exécuté pendant la guerre pour permettre aux avions de bombardement de regagner leur base parisienne après une expédition au delà des lignes ennemies. La paix venue on pensa d'abord à en faire don à Marseille, qui eût pu l'utiliser pour guider les avions faisant route de nuit entre Alger et les rivages de la Provence. Mais, propice aux évolutions aériennes, il menaçait de gêner la navigation maritime et, c'est ainsi qu'il a été installé à Paris pour aider à la navigation aérienne.

Il est constitué par deux projecteurs à miroirs métalliques dorés de 2,50 m de diamètre, ces miroirs envoient deux rayons lumineux formant un angle variable à volonté. Un groupe électrogène semi-Diesel-Renault de 100 ch produit l'énergie nécessaire et le fait tourner à la vitesse de 6, 8 ou 10 secondes par tour complet. On peut ainsi obtenir quinze faisceaux différents qui balaient le ciel dans toutes les directions.

La traction mixte à gaz et électrique en Amérique en 1926. — *Automotrices mixtes à gaz et électriques.* — Il n'a pas été construit l'année dernière en Amérique moins de 120 voitures de ce type avec générateur électrique principal relié à un moteur à gazoline de six cylindres. L'équipement comporte des moteurs de traction à double réduction et un contrôle de type convenable des organes.

Un exemple caractéristique d'équipement mixte à gaz et électrique a été établi pour les chemins de fer de Boston et du Maine avec emploi, cependant, du charbon distillé. Toutefois, ces voitures comportent pour leur départ une réserve de gazoline et c'est automatiquement que, une fois en marche, le fonctionnement du gazogène est mis en train. En outre, lorsque l'équipement manque d'énergie se produit automatiquement encore le retour au fonctionnement à la gazoline.

Alors que la plupart de ces motrices n'emploient qu'un seul moteur et une seule génératrice, il est possible de prévoir deux unités doublant ainsi la somme de puissance disponible. Une motrice de ce type est en service sur le Seaboard Air Line où la puissance démandée dépasse les limites de possibilité d'une seule motrice.

Une nouvelle application de ce type de voiture mixte est utilisée en combinaison avec une batterie d'accumulateurs sur une locomotive qui assure un service de manœuvre dans les gares de la Chicago and Northwestern Railway C°.

Cette locomotive, qui pèse approximativement 110 tonnes, est équipée avec une batterie de puissance suffisante pour assurer un service normal de manœuvre durant le jour. Durant la nuit, il est prévu que la batterie puisse être chargée par la Société distributrice de courant.

Cette unité diffère des locomotives à accumulateurs ordinaires en ce sens qu'elle est équipée avec une génératrice du type mixte, à gaz et électrique, de manière à pouvoir assurer un supplément de puissance à la locomotive en cas de besoin et aussi, lorsque la locomotive est inactive, à recharger la batterie d'accumulateurs.

Autobus mixtes a gaz et électriques. — L'emploi de transmissions électriques pour les autobus pourvus de moteurs à explosion continue à rencontrer une faveur croissante, notamment sur les réseaux de tramways qui sont familiarisés avec la souplesse de moteurs électriques. Cette faveur est attestée par ce fait que, alors que se trouvaient il y a un an environ 250 équipements de ce type en service, il y en a maintenant environ 1000 à la Compagnie de Philadelphia Rural Transit.

C'est la première à avoir adopté l'exploitation électrique sur une large échelle, et maintenant son parc entier d'autobus est ainsi équipé. Une intéressante application, faite par cette Compagnie, est l'emploi de la traction mixte, à gaz et électrique, pour les chasse-neige, dont quinze sont en service cet hiver. Alors que la Compagnie au début songeait à faire usage des autobus seulement pour les parties congestionnées de son trafic, le champ d'activité s'est maintenant étendu au point d'englober le service interurbain de Baltimore, de Washington et de New-York et un parc d'autobus plus puissants, pour tourisme, est destiné à desservir les points encore plus éloignés.

Il ne sera pas sans intérêt, pour fixer la sûreté de ce mode d'exploitation par autobus à traction mixte, de citer les lignes suivantes empruntées à la grande revue américaine.

« Le jour du match Dempsey-Tunney, la Compagnie avait mis en service son parc entier de 360 autobus qui transportèrent approximativement 150 000 voyageurs. Aucune panne n'a été signalée. Le service comportait non seulement le trafic public normal, ou trafic urbain proprement dit, mais aussi le trafic interurbain créé de Philadelphie à Atlantic-City, New-York, Wilmington, Baltimore, Washington et même au delà des montagnes de Pennsylvanie, aux chutes du Niagara. »

Dans la Compagnie de transports publics de la Public Service C°, de New-Jersey, 400 autobus de type mixte, sont

Digitized by Google

mis en service. Citons dans les autres parties des États-Unis, parmi les plus importantes, les exploitations ci-après, avec leurs nombres respectifs de véhicules : Trog and Albany (N. Y): 49; Atlanta (Geo.) : 15; Portland (Orégon) : 5; Miami (Flo.) : 36; Kansas-City (Ken.) : 6; New-Orléans (Louisiane) : 15; Buffalo (N. Y.) : 25; Detroit (Wisc.) : 51; St-Paul (Minnesota) : 11; etc...

(*Revue universelle des Transports*, 10 mai 1927.)

La signalisation électrique automatique sur les chemins de fer français. — En France, 1500 km seulement, sur une longueur totale de 42000 km exploités, sont équipés du block automatique, alors qu'aux États-Unis plus du tiers des voies en sont munies.

Le système peut être réalisé, soit avec les anciens signaux à cocardes, munis de moteurs, soit avec des signaux lumineux de jour et de nuit.

Les changements de couleurs sont obtenus par allumage de lampes placées derrière les lentilles colorées.

La difficulté d'obtenir des signaux visibles le jour à assez grande distance était augmentée du fait que, sur les réseaux français, tous les feux sont doubles et, pour ne pas donner aux panneaux des dimensions exagérées, on devrait limiter la dimension des systèmes lenticulaires afin de toujours voir, à distance, deux feux distincts. On a adopté des lentilles de 0,15 m de diamètre, séparées de 0,75 m et placées dans des écrans de 1,50 m.

Il a fallu renoncer aux réflecteurs qui donnaient des indications fantômes. On a employé des doublets de lentilles Fresnel à échelons, à lentille intérieure colorée. Les lentilles à échelons ont été adoptées en raison de leur grand angle d'ouverture et de leur épaisseur à peu près uniforme, car, pour les lentilles colorées, cette uniformité s'impose, afin que leur partie centrale ne paraisse pas plus sombre que leur périphérie. La coloration des lentilles est définie par une analyse spectrale précise pour donner, en combinaison avec la lumière de la lampe, la teinte cherchée.

La lampe électrique est à 2 filaments ramassés qui, pour correspondre au rendement optimum, doivent être placés au foyer du système lenticulaire. Le constructeur de signaux centre la lampe en réglant sur le culot une bague qui porte les ergots de la baïonnette.

Ce sytème exige évidemment que les voies soient alimentées électriquement sur toute leur longueur, ce qui est assez facile à réaliser sur les réseaux électrifiés.

Aux États-Unis, on emploie des piles ou des accumulateurs n'allumant les panneaux qu'au passage du train par le fonctionnement du block automatique.

(*Revue universelle des Transports et Société française des Electriciens.*)

Adjudications. — L'Attaché Commercial de France vient d'adresser à l'Office National du Commerce Extérieur les « Conditions générales d'adjudications pour toutes les fournitures de l'Administration des Monopoles d'Etat. Les entreprises françaises que ce document intéresserait pourront en prendre connaissance dans les bureaux de l'Office National du Commerce Extérieur (Service des Adjudications).

Roumanie (Mairie de Timisoara). — 1er septembre 1927. Ajudication pour la fourniture de 6 transformateurs, 2 de 100 kw, 4 de 75 kw, destinés à l'usine électrique de Timisoara. Cahier des Charges à consulter à l'Office National du Commerce Extérieur, 22, avenue Victor-Emmanuel III, Paris.

Indes Anglaises (Office of the Director General India Store Department, Belvedere Road, Lambeth London S.E.I. — 12 août 1927. Adjudication pour la fourniture de 6 grues électriques sur rails destinés aux ateliers de locomotives des Chemins de fer de l'Est Indian. Cahier des Charges à consulter à l'Office National du Commerce Extérieur. On peut se procurer ce document en s'adressant à l'Office of the Director General, India Store Department, Belvedere Road, Lambeth LondonS. E. I.

Uruguay, — Direction des Communications Télégraphiques et Téléphoniques de la Police Uruguayenne à Montevideo. — 22 août 1927. Adjudication pour la construction des lignes téléphoniques destinées à unir la Préfecture de Police de Florida avec celles de Durazzo et de Florès. Cahier des Charges et plans (texte en langue espagnole) à consulter à l'Office National du Commerce Extérieur, 22, avenue Victor-Emmanuel III, Paris.

Les bureaux sont ouverts au public tous les jours ouvrables de 9 h à 12 h et de 14 h à 16 h, le samedi après-midi excepté.

CHRONIQUE DES INSTALLATIONS

Utilisation des chutes du Lignon. — Le ministre des Travaux Publics vient d'approuver la convention passée avec la Société des Forces motrices réunies du Lignon de la Loire, dont le siège est à Boën-sur-Lignon (Loire), d'autre part, ainsi que le cahier des charges imposé à cette dernière pour l'établissement et l'exploitation des ouvrages hydrauliques et de l'usine génératrice d'énergie électrique destinés à l'utilisation de la chute d'environ 110 m (en eaux moyennes) entre le confluent du ruisseau de Pierre-Brune et le village de Veaux, communes de Saint-Georges-en-Couzan, et Saint-Bonnet-le-Courreau, département de la Loire et la création d'un réservoir de compensation.

La puissance maximum brute de la chute concédée est évaluée à 4350 kw, ce qui correspond, compte tenu du rendement normal des appareils d'utilisation, à une puissance disponible de 3045 kw.

La puissance normale brute est évaluée à 2240 kw, ce qui correspond de même à une puissance normale disponible de 1568 kw. L'entreprise a pour objet principal l'alimentation du service public de distribution assuré par la société. Le barrage ou la prise d'eau sera placé à 1200 m environ en aval du confluent du ruisseau de Pierre-Brune.

Le niveau normal de la retenue sera à la cote de 615 m.

Le débit maximum emprunté sera de 4000 l : sec. Le bassin de compensation sera établi à 730 m à l'aval du canal de fuite de l'usine actuelle de Saint-Martin.

En vue de l'irrigation des terrains situés à proximité du village de Veaux, le concessionnaire sera tenu de restituer au lit du Lignon, immédiatement à l'aval du canal de fuite de l'usine de Veaux actuellement existante, toutes les semaines, du 15 mars au 15 septembre, pendant vingt-quatre heures un débit continu de 55 l : sec.

Lorsque la compagnie aura fait choix de l'un ou de l'autre système et des points de départ desdites périodes, elle ne pourra changer de système ou modifier les points de départ qu'après avoir averti les intéressés au moins quatre jours à l'avance.

Le concessionnaire sera en outre tenu de restituer au lit du Lignon, immédiatement à l'aval de l'usine projetée, un débit tel, qu'au droit du pont de Veaux, l'eau coule dans ce lit avec un débit minimum continu de 10 l : sec. Il est entendu que ces deux clauses sont indépendantes l'une de l'autre.

Dans les deux cas, le concessionnaire sera tenu de justifier

Digitized by Google

du débit restitué et d'installer et d'entretenir les ouvrages de jauge dans ce but.

Le barrage accumulateur sera constitué par un barrage déversoir de 12 m de hauteur environ au-dessus du fond de la rivière.

Le niveau de la retenue normale sera à la cote 615 m et la capacité utile de 100 000 m³ environ.

La conduite d'amenée fonctionnant en charge aura un diamètre de 1,70 m environ et une longueur de 2700 m environ. Elle sera établie sur la rive gauche du Lignon.

La conduite forcée aura 1,30 m de diamètre environ.

L'usine sera établie sur la rive gauche du Lignon, à environ 50 m de l'usine actuelle de Veaux.

Le barrage de compensation comportera un barrage déversoir de 7 m environ au-dessus du fond de la rivière.

Le niveau de la retenue normale sera à la cote 441,40 m et la capacité utile sera de 67 000 m³ environ.

Un dispositif maintiendra sensiblement constant le débit restitué dans la journée.

CHRONIQUE FINANCIÈRE

Société d'Éclairage et de Force par l'Électricité à Paris. — Les comptes de l'exercice 1926 se soldent par un bénéfice net de 3 647 810 fr, contre 3 168 503 fr en 1925, auquel vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 1 242 541 f.

Le conseil proposera de fixer le dividende à 40 fr brut par action ancienne, égal au précédent, et 20 fr par action nouvelle.

Compagnie parisienne de Distribution d'Electricité. — Les comptes de l'exercice 1926 se soldent par un bénéfice net de 34 508 831 fr contre 33 424 925 fr, auquel vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 4 500 000 fr.

Le conseil proposera le maintien du dividende à 65 fr brut par action, sur lequel un acompte de 30 fr a déjà été versé.

Compagnie électrique du Nord. — Les comptes de l'exercice 1926, qui seront soumis à l'assemblée ordinaire du 24 juin 1927, se soldent, après amortissements, par un bénéfice net de 8 427 467 fr, contre 6 307 785 fr en 1925.

Le conseil proposera de porter le dividende de 15 à 17 fr par action.

L'Oyonnithe. — L'assemblée ordinaire du 25 mai 1927 a approuvé les comptes de l'exercice 1926, présentant un bénéfice net de 1 213 545 fr non compris le report antérieur, de 658 824 fr.

Le dividende brut a été fixé à 50 fr, dont un acompte de 40 fr brut a été mis précédemment en paiement.

Société des Etablissements R. Chedanne. — L'assemblée ordinaire tenue le 4 juin 1927 a approuvé les comptes de l'exercice de 1926.

Après affectation de 79 696,15 fr aux amortissements et attribution de 5 pour 100 à la réserve légale, le dividende a été fixé à 16 pour 100 brut par action, sur lequel un acompte de 7 fr par action a déjà été versé. Une somme de 100 347,77 fr a été reportée à nouveau.

L'Electro-Entreprise. — Une assemblée extraordinaire, tenue récemment, a décidé de ramener le capital de 10 millions à 2 500 000 fr par la réduction de la valeur nominale des actions de 400 à 100 fr, puis de le reporter à 5 300 000 fr par la création de 28 000 actions de 100 fr, dont 20 000 actions de priorité.

Anciens Établissements Parvillée Frères et Cie. — L'assemblée ordinaire, tenue le 1er juin 1927, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice net de 389 174 fr qui a été affecté au compte général d'amortissement.

Compagnie générale d'Entreprises et d'Electrification. — L'assemblée générale annuelle, tenue le 16 juin 1927, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 présentant un produit brut de 525 149 fr et voté, après amortissement de toutes immobilisations et dotation des réserves, un dividende brut de 15 pour 100, soit 65 fr par action et 8 fr par part bénéficiaire.

Les dividendes sont payables 25, cours de l'Intendance, à Bordeaux, depuis le 31 août, contre présentation des coupons n° 3 et sous déduction des impôts.

Établissements Caiffe-Gallot et Pilon. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice net de 1 727 771 fr auquel vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 90 248 fr,

Le dividende a été fixé à 60 fr brut par action. Déduction faite de l'acompte déjà versé, le solde sera payable à raison de 16,40 fr net.

Magnétos France. — L'assemblée ordinaire, tenue à Lyon le 11 juin 1927, a approuvé les comptes de l'exercice 1926, laissant un bénéfice de 286 842,10 fr. Le dividende a été fixé à 50 fr brut par action.

Société des Accumulateurs Monoplaque. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant, après amortissement du report déficitaire antérieur, par un bénéfice net de 184 189 fr.

Le dividende a été fixé à 8 pour 100, soit net 6,56 fr par action.

Une assemblée extraordinaire, tenue ensuite, a autorisé le conseil à porter le capital de 3 200 000 fr à 5 000 000 fr par l'émission de 18 000 actions de 100 fr, dont 16 875 actions A et 1 125 actions B.

Société de Construction et de Location d'Appareils de levage et de Matériel de travaux publics. — L'assemblée ordinaire, tenue le 10 juin 1927, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice net de 3 075 671 fr. Le dividende brut a été fixé à 35 fr par action.

Magnétos R. B. — L'assemblée ordinaire tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 qui se soldent par un bénéfice net de 4 128 546 fr.

Le dividende a été maintenu à 26 fr.

Compagnie française des câbles télégraphiques. — Les comptes de l'exercice 1926, qui ont été soumis à l'assemblée ordinaire du 6 juillet 1927, se soldent par un bénéfice distribuable de 5 382 255 fr, contre 4 038 507 fr en 1925.

Le conseil a proposé de fixer le dividende brut à 38,35 fr par action; 80,97 fr par part première série et 6,20 fr par part deuxième série, contre, respectivement, 30,05 fr, 54,95 fr et 4,20 fr. précédemment.

La Lampe Zénith. — Nouvellement constituée, cette société anonyme a pour objet la fabrication, l'achat et la vente, l'installation et l'exploitation des lampes de réception et d'émis-

Digitized by Google

sion pour la télégraphie et la téléphonie sans fil, des lampes électriques de tous systèmes ainsi que de tous appareils, articles, fournitures ou ustensiles de toute nature destinés à l'appareillage électrique, à la radiophonie, à l'éclairage et aux installations industrielles.

Le siège est à Paris, 20, rue de Petrograd. Le capital est de 500000 fr représenté par 180 actions de priorité catégorie A et 420 actions ordinaires catégorie B de 500 fr, toutes souscrites en numéraire. Il a été créé, en outre, 1200 parts bénéficiaires, attribuées aux souscripteurs d'actions, à raison de deux parts par action souscrite.

Compagnie française pour l'exploitation du Haut-Parleur Acléa. — Sous cette dénomination vient d'être constituée une société anonyme ayant pour objet la vente et la fabrication de transmetteurs et récepteurs téléphoniques, et, en particulier, de haut-parleurs et microphones ainsi que d'appareils récepteurs et accessoires de télégraphie sans fil et, généralement, toutes opérations s'y rattachant.

Le siège a été fixé à Paris, 22, place de la Madeleine. Le capital est de 1 150000 fr en actions de 500 fr, sur lesquelles 1000 ont été allouées à la société à responsabilité limitée Société des Haut-Parleurs Acléa, à Paris, 22, place de la Madeleine, qui reçoit, en outre, les 1000 parts de fondateur créées. Le capital pourra, dès à présent, être porté à 1 650000 fr.

Le Taxiphone. — Une assemblée extraordinaire, tenue le 15 juin 1927, a décidé de ramener le capital de 5 500000 fr à 2 750000 fr par l'échange de deux actions anciennes contre une nouvelle de même valeur nominale, puis à 2400000 fr par l'annulation de 7000 des 10000 actions attribuées en rémunération d'apports.

L'assemblée a autorisé ensuite le conseil à porter le capital en une ou plusieurs fois, de 2 400000 fr à 5500000 fr par la création de 11000 actions de 100 fr.

BIBLIOGRAPHIE

Pour éviter l'électrocution, par Maurice Roussel. — Un vol. 12 cm × 19 cm., 75 pages. — Prix : 6,50 fr. — *Dunod*, éditeur.

« Avec les besoins sans cesse croissants de l'industrie, avec les exigences de confort de la vie moderne, l'usage de l'énergie électrique se trouve entraîné dans un prodigieux développement. Chaque jour s'élèvent de nouvelles centrales, se dressent de nouveaux pylônes, se ressert le réseau qui, au-dessus de nos têtes, sous nos pieds, dans nos ateliers ou notre habitation, fournit au travail et à la production, comme au bien-être de la vie d'intérieur, la précieuse énergie.

« Parmi les conquêtes de l'art de l'ingénieur, il n'en est guère qui, autant que l'électricité, apporte avec elle sa rançon de dangers. Et le danger est d'autant plus grand, d'autant plus imprévu, que, sournoisement, l'énergie se trouve dissimulée sous une forme qui échappe à nos sens et ainsi ne suscite chez le travailleur ou l'usager aucun mouvement de défense spontanée ou réflexe.

« Le nombre croissant des accidents, depuis la simple brûlure limitée, jusqu'à l'électrocution brutale, déconcertante, oblige à multiplier les moyens propres à les éviter.

« Sans doute existe-t-il des règlements, des prescriptions édictées ou homologuées par les pouvoirs publics, sans doute des circulaires rappellent-elles aux établissements d'enseignement, aux instituteurs, la nécessité d'instruire la jeunesse des choses de l'électricité, mais l'expérience démontre encore trop souvent que ce mode de propagande ne suffit pas.

« A l'usine, où de par la loi, les précautions les plus minutieuses doivent être prises, les accidents mortels sont encore trop fréquents. Ils relèvent d'ordinaire d'un défaut d'attention, de l'imprévoyance ou de la négligence.

« Aussi faut-il applaudir à toutes les initiatives qui tendent à instruire davantage le personnel des centrales aussi bien que les usagers du courant. »

C'est ainsi que le Dr *Zimmiern*, l'éminent professeur de la Faculté de médecine qui s'est spécialisé dans l'étude des accidents électriques, débute dans la préface qu'il a écrite pour l'excellent livre de M. Roussel.

Nous ne saurions trop recommander la lecture de cet ouvrage à tous, car tous y apprendront quelque chose.

Le Roulement français. — Revue périodique éditée par la Compagnie d'Applications mécaniques, 15, avenue de la Grande-Armée.

Ce nouveau périodique, dont les deux premiers numéros viennent de paraître, a pour but de faire connaître les progrès de cette branche de la mécanique et tous les avantages que l'application rationnelle des organes de roulement peut procurer à l'industriel et au technicien. A cet effet il doit réunir toutes publications concernant les roulements et éparses jusqu'à maintenant dans les différentes revues techniques et industrielles.

L'envoi gratuit sera fait à toute personne qui en fera la demande à la direction.

Digitized by Google

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

N° 844 SUPPLÉMENT 25 Août 1927.

RENSEIGNEMENTS DIVERS

L'École supérieure d'électricité citée à l'ordre de l'armée. — Le ministre de la guerre vient de citer l'École supérieure d'électricité à l'ordre de l'armée dans les termes suivants :

« *A instruit des promotions d'élèves qui, au cours de la grande guerre, se sont signalés à la reconnaissance du pays tant dans les unités combattantes qu'en fournissant, grâce à leurs connaissances spéciales, l'encadrement de la radiotélégraphie militaire qui a été un des facteurs de la victoire.* »

Le salon de la T. S. F. — Le prochain salon de la T.S.F. aura lieu au Grand Palais des Champs-Élysées, du 28 octobre au 15 novembre 1927, dans le cadre de l'Exposition de l'Automobile (2e section, Service nautique).

C'est le quatrième Salon d'ensemble qu'organise le Syndicat professionnel des industries radioélectriques pour permettre aux usagers de suivre l'évolution d'une application de la science dans laquelle la technique française est à la tête du progrès.

Le Salon de la T. S. F. prend chaque année une importance plus considérable. Son succès est d'ores et déjà assuré pour 1927. L'année dernière, 196 firmes différentes y ont pris part, occupant une superficie de 2850 m². Le fait que, cette année, près de quatre mois avant la date fixée pour l'ouverture, ces chiffres sont de beaucoup dépassés, montre avec quelle vitalité se développe la T. S. F. française.

Un brevet américain original. — Il paraîtrait que l'inventeur Fessenden a obtenu le 8 février dernier, un brevet lui accordant l'exclusivité des longueurs d'ondes comprises entre 1 et 50 m pour les émissions dirigées. Les raisons invoquées sont basées sur ce que Fessenden aurait découvert le premier, que les ondes dirigées comprises entre les limites ci-dessus, donnaient les résultats les plus satisfaisants et étaient les moins affectées par les causes ordinaires de perturbation. Ce serait l'application de la formule, brevet délivré pour résultat industriel nouveau.

Avis de concours. — L'Administration des Postes et des Télégraphes procédera le 5 septembre 1927, dans les conditions fixées par l'arrêté du 14 juin 1916 (*Journal officiel* du 17 juin 1916) à un concours pour la fourniture de câbles électriques sous plomb isolés au papier et avec ou sans circulation d'air sec.

Les industriels désireux de remettre des offres de prix pour cette fourniture obtiendront tous renseignements en s'adressant à la Direction de l'Exploitation Téléphonique, 3e Bureau, 103, rue de Grenelle (5e étage), à Paris (7e arrondissement), tous les jours non fériés de 10 à 12 heures et de 15 à 17 heures.

Ce concours n'est ouvert qu'aux seuls industriels établis en France.

CHRONIQUE DES INSTALLATIONS

Installations en projet. — *Aube, Marne, Yonne.* — La Société d'Études des Chutes de la Cure et des Chemins de Fer électriques de l'Yonne a sollicité la concession avec déclaration d'utilité publique d'une ligne de transmission d'énergie électrique entre l'usine du Bois de Cure et le poste de Mardeuil (près Epernay) dans les départements de l'Aube, de la Marne et de l'Yonne.

Finistère. — La Compagnie d'Electricité de Brest et extensions a sollicité la concession avec déclaration d'utilité publique d'une distribution d'énergie électrique aux services publics s'étendant sur les arrondissements de Brest et de Chateaulin (Finistère).

La Société hydroélectrique des Basses-Pyrénées a demandé la concession avec déclaration d'utilité publique d'une ligne de transmission d'énergie électrique allant de Mouguerre à Mousserolles en empruntant le territoire du département des Basses-Pyrénées.

Sarthe, Mayenne, Orne, Loir-et-Cher, Maine-et-Loire. — La Société d'Energie électrique Maine et Anjou a présenté une demande de concession en vue d'établir et d'exploiter une distribution d'énergie électrique aux services publics dans les départements de la Sarthe, de la Mayenne, de l'Orne, du Loir-et-Cher et de Maine-et-Loire.

Vienne, Haute-Vienne. — La Société des Forces motrices de la Vienne, 10, rue Vézelay, à Paris, a sollicité la concession avec déclaration d'utilité publique, d'une ligne de transmission d'énergie électrique entre l'usine de Saint-Marc et l'Isle-Jourdain dans les départements de la Vienne et de la Haute-Vienne.

Nord, Somme, Pas-de-Calais. — La Compagnie électrique du Nord, 22, rue de l'Abbaye-des-Prés, à Douai, a demandé la concession avec déclaration d'utilité publique d'une ligne de transmission d'énergie électrique allant de Vendin à Arsy en empruntant le territoire des départements du Pas-de-Calais, du Nord et de la Somme.

Pyrénées (Basses-). — La Société des Forces motrices de la Vallée d'Auge a demandé la concession avec déclaration d'utilité publique de lignes de transmission d'énergie électrique destinées à relier les sous-stations de traction des che-

Digitized by Google

mins de fer d'Oloron à Bedous et de Bedous à la frontière d'Espagne avec leurs usines de force motrice et leur réseau de transmission.

Réseaux ruraux. — D'après le *Journal Officiel*, des conférences ont été tenues entre les ingénieurs en chef du Contrôle des distributions d'Energie électrique et du Génie rural au sujet de l'établissement de réseaux ruraux de distribution d'énergie électrique dans les communes suivantes :

Alpes (Hautes-). — Saint-Julien-en-Beauchêne.

Aube. — Cremey, Bouranton, Villechetif, Blaincourt, Espagne, Mathaux, Radonvilliers, Saint-Léger-sur-Brienne.

Aveyron. — Ségala-Centre.

Eure. — Bousquetot, Amfreville-sous-les-Monts, Flipou, Francheville.

Saône (Haute-). — Attricourt.

Vaucluse. — Loriol.

Vendée. — Aiguillon-sur-Mer.

Déclaration d'utilité publique d'une distribution d'énergie électrique dans le département du Cher. — Le *Journal officiel* du 10 juillet 1927 a publié le décret en date du 30 juin 1927, approuvant la convention en date du 30 octobre 1926 passée entre le préfet du département du Cher, d'une part, et la société le Centre électrique, dont le siège est à Limoges, 12 bis, rue Baudin, d'autre part, ainsique le cahier des charges imposé à cette dernière pour la construction et l'exploitation d'un réseau de distribution d'énergie :

1° Aux services publics organisés en vue des transports en commun, de l'éclairage public ou privé ou de la fourniture de l'énergie aux particuliers ;

2° Aux services publics s'étendant sur le territoire des communes de Vierzon-Ville, Vierzon-Forges, Vierzon-Villages, Vierzon-Bourgneuf, Graçay, Saint-Outrille, Nohant-en-Graçay, Dampierre-en-Graçay, Genouilly, Saint-Georges-sur-la-Prée, Massay, Saint-Hilaire-de-Court, Trénieux, Lury-sur-Arnon, Méry-sur-Cher, Méreau, Foecy, Mehun, Sainte-Thorette, Villeneuve, Saint-Florent, Brinay, Gerbois, Quinoy, Vouzeron, Neuvy-sur-Barangeon, Nançay, Saint-Laurent, Charost, Civray, Lunéry, Mareuil-sur-Arnon, Poissieux, Primelles, Allouis, Saint-Amboix-sur-Arnon, Saugy, Lazenais, Limeux, Plou, la Celle, Bruère-Allichamps, Farges-Allichamps, Nozières, Orcenais, Saint-Pierre-les-Etieux, Lignères, la Celle-Condé, Chezal-Benoît, Ineuil, Montlouis, Saint-Baudel, Saint-Hilaire-en-Lignères, Villecelin, Chambon, Chéry, Preuilly, Vignoux-Barangeon, Bigny-Vallenais, Vanesmes, Lapan, Corquoy, Crésançay, Saint-Loup-des-Chaumes, Saint-Symphorien, Oval, Charenton, Châteauneuf, Saint-Armand-Montrond, Chavannes, organisées en vue de l'alimentation en énergie des services publics énumérés au paragraphe précédent, au moyen d'ouvrages et de canalisations s'étendant sur tout ou partie du département du Cher.

Cette concession ne fait pas obstacle à ce que, dans la même zone, des permissions de voirie ou d'autres concessions soient accordées dans les conditions de la loi du 15 juin 1906.

Ce réseau comprend :

1° Une ligne souterraine à 15 000 v partant d'un poste de transformation situé à l'usine génératrice que la société possède à Vierzon-Forges, et aboutissant à Saint-Florent-sur-Cher, en passant par Foecy, Mehun-sur-Yèvre, Sainte-Thorette et Villeneuve.

Cette ligne avait été établie en vertu d'une permission de voirie accordée par le préfet du Cher à la société le Centre électrique le 28 juillet 1913.

Une ligne souterraine à 15 000 v partant d'un poste de secours situé à l'usine à gaz de Mehun-sur-Yèvre et aboutissant à un poste de transformation situé à l'usine génératrice que la société possède à Saint-Armand-Montrond en passant par Quincy, Preuilly, Saint-Florent, Lunery, Châteauneuf-sur-Cher et Bruère.

Le poste de transformation 5000/15 000 v situé à l'une génératrice de Vierzon-Forges, point de départ de la ligne souterraine, ainsi que le poste de transformation 15 000/5000 v situé à l'usine génératrice de Saint-Amand-Montrond, point d'arrivée de ladite ligne ne sont pas considérés comme des postes centraux et ne font pas partie, par conséquent, de la concession ;

2° Une ligne souterraine à 3000 v partant du poste de transformation situé à l'usine génératrice de Saint-Amand-Montrond et aboutissant à un poste de transformation situé à la tuilerie de Laugère, commune de Charenton-sur-Cher (Cher), cette ligne ayant été établie en vertu d'une permission de voirie délivrée par le préfet du Cher en date du 2 mai 1914 ;

3° Le réseau comprendra, en outre, toutes les lignes que le concessionnaire pourrait être amené à établir ultérieurement dans le périmètre de la zone concédée, conformément aux dispositions de l'article 1er du cahier des charges.

L'énergie sera produite sous forme de courants alternatifs triphasés à la fréquence de 50 per : sec et à la tension de 15 000 ou 5000 v entre conducteurs.

L'Etat aura le droit, à toute époque, de faire mettre à la disposition du concessionnaire de l'énergie réservée aux bornes d'une usine hydraulique concédée.

L'énergie sera produite en premier lieu par les usines génératrices appartenant au concessionnaire.

Le concessionnaire se réserve la faculté de fournir l'énergie par tout autre procédé, soit en réunissant ses réseaux du département du Cher à ceux qu'il exploite dans le département de l'Indre, soit en aménageant de nouvelles usines, soit en l'achetant à des tiers.

CHRONIQUE FINANCIÈRE

Divers. — Compagnie Electro-Mécanique. — L'assemblée ordinaire du 21 juin 1927, a approuvé les rapports et les comptes de l'exercice 1926, accusant, après 4 610 358 fr d'amortissements, un bénéfice net de 333 936 fr, reporté à nouveau. Ce bénéfice s'entend après déduction de 2 300 942 fr pour le service des obligations.

Force et Lumière des Pyrénées. — Les comptes de l'exercice 1926, soumis à l'assemblée ordinaire du 17 juin 1927, se soldent, après amortissements, par un bénéfice net de 972 200,95 fr contre 976 775,60 fr en 1925. A ce bénéfice vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 11 759,90 fr.

Le dividende a été maintenu à 7 pour 100.

Énergie électrique de la Basse-Loire. — L'assemblée ordinaire des actionnaires a eu lieu le 2 juin 1927 et a approuvé les comptes de l'exercice clos le 31 décembre 1926, accusant un solde bénéficiaire de 410 596 fr contre 126 925 fr. Ce bénéfice s'entend après un total de 4 626 553 fr d'amortissements divers. Le report à nouveau en a été décidé, la société

Digitized by Google

ayant besoin de toutes ses disponibilités, notamment pour faire face au remboursement de la première série de ses bons à 6 pour 100.

Est-électrique. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1926, se soldant par un bénéfice net de 2591 934 fr, auquel vient s'ajouter le report de l'exercice précédent, soit 541 137 fr.

Le dividende a été fixé à 20,50 fr par action nominative ordinaire ou de priorité et 18,47 fr par action au porteur ordinaire ou de priorité. Les parts recevront 65,85 fr dont 56,80 fr à titre d'amortissement.

Ardennes électriques. — L'assemblée générale ordinaire du 21 mai 1927 a approuvé les comptes de l'exercice 1926 et décidé la répartition d'un dividende brut de 80 fr par action libérée, 67,50 fr par action libérée de moitié et 61,25 fr par action libérée du quart.

Réunie ensuite extraordinairement, l'Assemblée générale a décidé la création de 2000 parts bénéficiaires, réservées aux anciens actionnaires et l'augmentation du capital social de 2400 000 fr à 4 000 000 fr.

Les actions nouvelles seront réservées à titre irréductible aux actionnaires actuels, à raison de deux nouvelles pour trois anciennes.

Société des Forces motrices de la Vienne. — Les comptes de l'exercice 1926, soumis à l'assemblée ordinaire du 14 juin, se soldent, après divers amortissements, par un bénéfice net de 6 380 836,30 fr contre 3 782 288,47 fr en 1925.

Le dividende a été porté de 25 à 30 fr brut par action, sur lequel un acompte de 15 fr brut a déjà été versé.

Société lozérienne d'Énergie électrique. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 13 juin 1927, page 543, cette société, dont le siège est à Le Cheylard (Ardèche), rue de l'Hôtel-de-Ville, va procéder à l'émission d'un emprunt obligataire de 1 million 500 000 fr, divisé en 3000 obligations de 500 fr chacune, décidé par le conseil d'administration de la société, dans sa séance du 28 mai 1927, suivant les pouvoirs que lui confère l'article 22 des statuts, et conformément à la délibération de l'assemblée générale extraordinaire des actionnaires du 28 mai 1927, pour faire face aux dépenses d'exécution des travaux de la ligne à haute tension de Mende à Marvejols (Lozère) et du réseau intérieur dans cette dernière ville pour la distribution de l'énergie électrique pour tous usages, et pour faire face aux avances nécessitées par la construction et l'exploitation des syndicats intercommunaux dont la société doit être concessionnaire dans la Lozère.

Ces obligations seront remboursables en 35 annuités par voie de tirage au sort et par rachat à partir de la cinquième année, intérêts 7,50 pour 100 brut, jouissance du 1er juin 1927.

Il a été émis 900 000 fr d'obligations, dont 460 000 fr d'obligations hypothécaires.

Le Centre électrique. — Une première assemblée générale extraordinaire qui a eu lieu le 28 mai 1927 a sanctionné l'augmentation de capital qui se trouve porté de ce fait à 16 000 000 fr.

Les souscriptions à titre réductible se sont élevées à 14 000 actions contre 1800 à attribuer, ce qui a nécessité des réductions très sensibles parmi les gros souscripteurs.

L'assemblée générale ordinaire qui a suivi immédiatement a approuvé les comptes qui lui avaient été présentés.

Les recettes de l'exercice 1926 se sont élevées à 6 071 454,65 fr; les bénéfices d'exploitation à 3 757 508,68 fr et les bénéfices nets à 2 234 577,55 fr.

Le dividende a été maintenu à 12 pour 100 brut, ce qui nécessite un prélèvement de 960 000 fr.

Le solde, après déduction des tantièmes au conseil d'administration, soit 1 110 292,69 fr, été porté aux divers comptes de réserve et d'amortissement.

Le dividende de 43 fr net par action au porteur et 50 fr net par action nominative est payable depuis le 1er juin 1927.

Usines hydroélectriques des Hautes-Pyrénées. — L'assemblée ordinaire, du 3 juin 1927 a approuvé le bilan de l'exercice 1926, ne faisant apparaître aucun compte de profits et pertes.

Société hydroélectrique des Basses-Pyrénées. — Les produits d'exploitation de l'exercice 1926 s'élèvent à 3 739 004 fr. Le solde disponible, après déduction des frais généraux et charges financières sera, comme pour l'exercice précédent, reporté à nouveau.

Compagnie lorraine de Charbons, Lampes et Appareils électriques. — Après affectation d'une somme de 520 000 fr aux amortissements, les comptes au 31 décembre dernier faisaient ressortir un bénéfice net de 687 706,94 fr, formant, avec le report précédent, un disponible de 691 737,68 fr.

L'assemblée du 14 mai a voté la distribution d'un dividende de 15 fr brut par action n° 1 à 25 000 entièrement libérée, 6,375 fr par action nos 25 001 à 40 000 et 52,09 fr par part de fondateur.

Le Moteur électrique. — L'assemblée ordinaire, tenue à Lyon le 3 juin 1927, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice de 107 014 fr. Le dividende a été fixé à 30 fr brut par action.

Société des Accumulateurs fixes et de Traction. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1926, qui font apparaître un bénéfice de 1 806 505,10 fr, formant avec le reliquat antérieur un total de 2 401 479,76 fr.

Le dividende a été fixé à 15,625 fr par action, somme sur laquelle un acompte a déjà été versé.

L'Electrification (Société anonyme des Etablissements L. Guillot et Cie). — Le bilan de l'exercice clos au 31 décembre 1926 laisse apparaître un solde bénéficiaire net de 375 556 fr.

Secteur électrique de la Ville d'Asnières. — Les comptes de l'exercice 1926 se soldent, après affectation de 95 532 fr au compte de réserves pour amortissements, par un bénéfice net de 943 244 fr contre 612 782 fr en 1925. A ce bénéfice vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 18 029 fr.

Le conseil proposera de porter le dividende brut de 14 à 20 fr par action ancienne et de 10,25 fr à 16,25 fr par action nouvelle.

Société d'Electricité de Mondorf-les-Bains. — Il a été réparti, pour l'exercice clos au 31 décembre 1926, un dividende de 6 pour 100 contre 5 pour 100 pour l'exercice précédent.

Énergie électrique suburbaine de Nancy. — L'assemblée ordinaire, tenue le 24 mai 1927, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice net de 905 122 fr contre 737 268 fr en 1925. Le dividende a été porté de 12 à 15 pour 100, soit 65 fr brut par action; il sera payable le 1er juin, sous déduction de l'acompte déjà versé, à raison de 32,80 fr net au nominatif et de 29,65 fr net au porteur.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

Législation des distributions d'énergie électrique. par J. L'Hullier. — Un volume 16 × 25 cm, 260 pages. — Prix : 40 fr. — *Albin Michel*, éditeur.

La très intéressante bibliothèque de l'Ingénieur électricien publiée sous la haute direction du maître bien connu M. Barbillion, vient de s'enrichir d'un volume de plus, celui de la législation des distributions d'énergie électrique.

« *Nul n'est censé ignorer la loi* », dit-on au palais et cependant combien d'Ingénieurs-électriciens ne connaissent pas les lois qui régissent leur industrie.

C'est à eux que ce livre s'adresse, il contient un commentaire pratique des lois des 15 juin 1906, 19 juillet 1922, 27 février 1925, ainsi que les règlements et cahiers des charges-types.

Les conditions générales d'établissement d'un réseau, les relations entre concessionnaires et consommateurs, le régime des permissions de voirie, etc..., y sont examinés d'une façon pratique.

Écrit par un membre du barreau très versé dans ces questions, ce livre fournira la réponse à de nombreuses questions juridiques que l'on voit se poser chaque jour à propos des installations électriques.

Schémas et règles pratiques de bobinage des machines électriques, par F. Tources et Adr. Cunchon. — 3e édition. — Un volume 14 cm × 25 cm, 166 pages. — Prix : broché, 22 fr. — *Dunod*, éditeur.

Le but de cet ouvrage est de réunir, sous une forme aussi simple que possible, les éléments nécessaires à l'électricien appelé à s'occuper soit de la construction, soit de la réparation des machines électriques. Les auteurs n'ont pas oublié que les organes mécaniques et électriques des machines doivent former un tout homogène, aussi ont-ils insisté sur les relations qui existent entre ces organes. Ils rappellent les notions élémentaires du magnétisme et d'électricité et passent aux applications des phénomènes électromagnétiques et électrodynamiques. Ils étudient ensuite les machines à courant continu et à courant alternatif. La forme qu'ils ont adoptée pour présenter les règles de montage et de bobinage est le schéma, plus facile à lire et à comprendre qu'un énoncé de règles, si clair soit-il. Le lecteur trouvera donc dans cet ouvrage de nombreux schémas de bobinage relatifs aux stations et rotors des moteurs ou des génératrices, aux transformateurs statiques, et aussi de nombreuses données utiles répondant aux caractéristiques pratiques adoptées dans les réseaux de distribution d'énergie et qui sont les applications numériques des formules énoncées d'autre part.

Digitized by Google

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

N° 845 SUPPLÉMENT 10 Septembre 1927.

RENSEIGNEMENTS DIVERS

Séchage du foin par l'électricité. — Un fait acquis, prouvé par des expériences sur une vaste échelle pendant les dernières années, c'est que le foin peut être séché aussi bien par des moyens artificiels que par la voie naturelle : la simple exposition au soleil. En fait, la valeur nutritive du foin séché artificiellement est plus grande et la qualité en est régulièrement bien tenue. Néanmoins l'esprit conservateur inné et le scepticisme à l'égard des choses nouvelles jugées presque révolutionnaires sont encore des obstacles à cette nouvelle invention, obstacle dont on ne peut avoir raison qu'à force de démonstrations pratiques. Comme le séchage électrique du foin offre des avantages réciproques aux fermiers et aux entreprises d'installations, c'est à celle-ci qu'échoit en grande partie la mission de pionniers. Quoi qu'il en soit il n'y a aucun espoir d'augmenter le rendement agricole sans se résoudre à quelques efforts éducatifs. C'est dans cet ordre d'idées que la démonstration — par le moyen électrique du séchage artificiel du foin, et par les soins de la Compagnie Électrique de distribution motrice du Sud du Pays de Galles — a été faite dans un champ attenant à la « Upper Boat Power Station », centrale située près de Pontypridd, le jeudi 23 juin. M. C. T. Allan, directeur adjoint, qui a organisé la séance démonstrative, écrit à ce sujet : « Étant complètement impartial quant aux mérites du procédé, mais sachant qu'il avait été expérimenté avec succès dans d'autres localités, nous désirions le mettre sous les yeux de nos amis établis comme fermiers, afin qu'ils puissent s'en former une opinion. Si celle-ci est favorable, il vaudra la peine d'acheter le matériel nécessaire, ou peut-être, suivant le principe des coopératives, d'en louer plutôt, car l'opinion locale est que, ayant quatre saisons des foins humides sur cinq, un tel procédé sera une fière panacée pour les fermiers.

La démonstration a été faite avec une machine « Oxford », prêtée pour la circonstance par la « Sugar Beet and Crop Driers Ltd » — Sardinia House, Sardinia Street Ltd, Kinsway W. C. I., à Londres. — Le matériel consiste en un réchauffeur d'air et un ventilateur mis en mouvement électriquement (ou si le courant n'est pas disponible, le ventilateur peut être mis en mouvement par une courroie de transmission, actionnée par un moteur à combustion interne) — d'une chambre conique centrale, faite d'un maillage de bois et de fil de fer comme structure, autour de laquelle la meule est empilée, d'un conduit en métal par lequel l'air chauffé passe de la meule vers la chambre centrale; d'une toile flexible formant un raccord tubulaire avec le réchauffeur d'air. C'est de l'huile minérale de basse qualité qui brûle dans le réchauffeur, l'air que le ventilateur fait passer étant approximativement à une température de 110° à son entrée dans la meule. En fait de rendement suivant lequel le foin est séché en appliquant « l'Oxford », on cite 1 tonne par heure.

La démonstration a suscité le plus vif intérêt, et l'efficacité du système a occasionné une surprise considérable chez bon nombre des fermiers présents. Le foin avait été coupé la veille et avait pu rester fauché sur le sol pendant la nuit. Le processus du séchage quand tout le foin fut mis en meule commença durant l'après-midi et continua jusque vers 7 heures du soir, moment auquel on constata que les résultats étaient complètement satisfaisants.

D'autres démonstrations eurent lieu au cours de la semaine suivante, en appliquant le système de dessiccation à air froid, inventé par feu M. W.-W. Hood.

Dans ce système-ci, le foin humide est mis en meule et la température est portée à un maximum de 90° environ. L'air froid est insufflé ensuite pendant quelque temps, dans le but de réduire la température d'une vingtaine de degrés, l'opération étant poursuivie jusqu'à dessiccation complète de la meule.

Éclairage et force motrice, Bruxelles.

La stérilisation du lait par l'électricité. — Une laiterie exploitée à Pittsburgh (États-Unis) a mené à bonne fin l'application d'une chauffe par l'électricité à son installation de pasteurisation. La capacité d'un tel équipement comporte un débit horaire de 2400 litres de lait, la température initiale étant de 15 degrés et la puissance du système chauffant étant de 50 kw. La température nécessaire pour la pasteurisation est de 95 degrés et elle est maintenue constante en faisant varier la vitesse de la pompe centrifuge qui débite le lait à l'écrémeuse, la puissance électrique demeurant également constante. Le laps de temps nécessaire pour le passage du liquide est d'une dizaine de secondes. Comme on l'avait d'ailleurs prévu, la pasteurisation effectuée avec chauffe électrique ne gâte rien à la saveur du lait, inconvénient qui est arrivé plus d'une fois quand on recourait au chauffage par la vapeur. A vrai dire, la dépense de courant, pour cet équipement électrique, surpasse la consommation de combustible d'une installation avec chauffe à vapeur qui aurait le même rendement ; mais, comme cela se produit toujours dans les cas des applications électrothermiques, le désavantage est plus qu'équilibré par une grande diminution des frais pour main-d'œuvre et entretien ; sans compter que le choix de la méthode électrique procure une forte économie d'emplacement, est d'un fonctionnement beaucoup plus propre, et permet de mieux compter sur une bonne marche du traitement que ce n'est le cas en recourant aux méthodes d'autrefois. On est même arrivé à déterminer que, en général, l'avantage est assez appréciable pour justifier le choix du fonctionnement électrique même à raison du triple de frais. Il va sans dire que l'application peut s'en faire aussi au traitement des jus de fruits ou autres liquides pour la table.

(*Éclairage et Force motrice*. Bruxelles.)

Digitized by Google

CHRONIQUE FINANCIÈRE

Société d'Electricité de la Vallée de l'Arre. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, cette société dont le siège est à Le Vigan (Gard) va procéder à l'émission de 1400 obligations de 500 fr, productives d'un intérêt fixe annuel de 45 fr net de tous impôts français présents et futurs (sauf la taxe de transmission), remboursables au pair par tirages au sort annuels en trente années, le premier remboursement devant avoir lieu le 1er janvier 1920 avec réserve d'anticiper et de racheter en bourse.

Société d'Electricité de Caen. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, page 476, cette société dont le siège est à Caen, 55, boulevard Bertrand, va procéder à l'émission de 25000 actions nouvelles, jouissant des mêmes droits et avantages que les actions déjà existantes.

Ces 25000 actions nouvelles seront émises au taux de 115 fr et devront être libérées du quart du capital nominal plus le montant de la prime à la souscription et des trois quarts de surplus aux époques qui seront fixées par le conseil d'administration.

Energie électrique de Meuse et Marne. — L'assemblée générale du 27 mai 1927 a maintenu le dividende à 50 fr brut par action ancienne entièrement libérée et 31,25 fr brut par action libérée du quart.

Son paiement sera effectué à raison de 41 fr net au nominatif et 56,55 fr net au porteur; pour les actions nouvelles, à raison de 25,625 fr net (coupon n° 10).

Energie électrique Rhône et Jura. — L'assemblée ordinaire du 30 mai 1927 a approuvé les comptes de l'exercice 1926, accusant une perte de 2408855 fr, à laquelle vient s'ajouter le report déficitaire de l'exercice précédent, soit 3492613 fr.

La ligne de transmission à 120000 v de Pougny à Jeanne-Rose a fonctionné d'une manière satisfaisante. La production de l'usine de Chancy-Pougny a augmenté d'une façon sensible au cours de l'exercice écoulé. L'usine possède maintenant toutes ses unités installées. En ce qui concerne l'aménagement de l'Oignin, la situation est sans changement. Pour la Valserine, le projet d'aménagement général va être élaboré, et la demande de concession faite.

L'énergie livrée au cours de l'exercice a dépassé 60 millions de kilowatts-heures.

Calor. — L'assemblée ordinaire tenue le 9 juin 1927, à Lyon, a approuvé le bilan de l'exercice écoulé se soldant par un bénéfice net de 284060,45 fr. Le dividende a été fixé à 80 fr brut par action, sur lequel un acompte a déjà été payé.

Union d'Electricité. — Les comptes de l'exercice 1926 se soldent par un bénéfice brut de 84159550 fr.

Déduction faite des frais généraux et après affectation de 29169510 fr aux amortissements et de 5 millions de francs à la provision pour éventualités diverses, le bénéfice net ressort à 20030741 fr, contre 17546873 fr. A ce bénéfice vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 827947 fr.

Le conseil proposera de porter le dividende de 20 à 22,50 fr par action.

Société générale de Forces motrices et d'Éclairage de la Ville de Grenoble. — L'assemblée ordinaire, tenue le 28 mai 1927, a approuvé le bilan de l'exercice 1926 se traduisant par un bénéfice net de 595212,70 fr. Le reliquat de l'exercice précédent étant de 6255,87 fr, le solde disponible ressort à 401468,57 fr réparti comme il suit : réserve légale, 12680,28 fr; réserve pour renouvellement du matériel, 5000 fr; intérêt de 6 pour 100 aux actions de priorité, 126000 fr; intérêt de 5 pour 100 aux actions ordinaires, 68750 fr; tantièmes statutaires, 4117,55 fr; réserve spéciale pour travaux extraordinaires d'entretien et notamment déplacements de lignes imposés, 30000 fr. Le solde de 15515,71 fr a été reporté à nouveau.

Un acompte ayant été payé en décembre, le solde sera mis en paiement le 1er juillet à raison de 8,20 fr pour chaque catégorie de titres.

Le Matériel isolant. — L'assemblée ordinaire tenue le 2 juin 1927, à Lyon, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice net de 245667 fr. Le dividende a été fixé à 55 fr brut par action et 41,65 fr brut par part, sur lequel un acompte de 30 fr par action et 10 fr par part a déjà été versé.

Electro-Constructions S. A. (Anciennement Meyer et Kapp). — Les comptes de l'exercice 1926 se sont soldés, report antérieur compris, par un bénéfice disponible de 69859 fr. Il a été réparti un dividende de 8 pour 100, soit 40 fr brut par action, sur lequel un acompte de 25 fr a déjà été réglé en décembre dernier.

Société Nord-Lumière (Le Triphasé). — Les comptes de l'exercice 1926 se soldent, après 9675019 fr d'amortissements, par un bénéfice net de 17856435 fr contre 13 millions 992528 fr.

Le conseil proposera de fixer le dividende à 75 fr par action ancienne, égal au précédent, et 37,50 fr par action nouvelle.

Société du Gaz de Paris. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice net de 11514066 fr (report antérieur compris).

Le dividende a été fixé à 25 fr brut sur lequel un acompte de 10 fr a déjà été versé. Une somme de 216676 fr a été affectée au fonds de prévoyance et une somme de 747208 fr a été reportée à nouveau.

Électrique Lille-Roubaix-Tourcoing. — Le solde bénéficiaire de l'exercice 1926 ressort à 1764093 fr contre 1769001 fr pour 1925. Le conseil proposera le maintien du dividende à 29 fr.

Énergie électrique du Nord de la France. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1926, se soldant, après amortissements, par un bénéfice net de 14769853 fr, auquel vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 995094 fr.

Le dividende a été fixé à 55 fr brut par action, sur lequel un acompte de 20 fr a déjà a été versé. Le solde sera payable à raison de 12,50 fr par titre.

Une assemblée extraordinaire tenue ensuite a régularisé l'augmentation du capital, porté de 90 à 95 millions de francs par l'émission de 20000 actions de 250 fr.

Compagnie nouvelle d'Éclairage et de Chauffage par le Gaz et l'Électricité. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 15 juin 1927, page 548, cette société dont le siège est à Bordeaux, 50, cours Georges

Digitized by Google

Clemenceau, va procéder à l'émission, au fur et à mesure des besoins de la société, de 1600 obligations de 500 fr chacune, remboursables au pair en 40 ans à partir du 1er février 1915, par voie de tirage au sort, avec faculté d'anticiper l'époque des tirages, d'augmenter le nombre d'obligations à amortir ou de suppléer pour tout ou partie au tirage au sort, par voie de rachat, d'obligations au-dessous du pair.

Ces obligations porteront un intérêt annuel de 5 pour 100 sous déduction des impôts.

Union hydroélectrique armoricaine. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 13 juin 1927, page 550, cette société dont le siège est à Paris, 12, rue d'Aguesseau, va porter son capital à 27 millions de francs par l'émission, contre espèces, de 30000 actions dites privilégiées de 500 fr, décidée par l'assemblée du 9 juin 1927.

Les actions privilégiées à créer auront droit, pendant la période de construction de l'usine et du barrage de Guerlédan, à un intérêt fixé au taux des avances de la Banque de France, avec minimum de 7 pour 100 sur le capital libéré et non amorti.

Elles auront droit annuellement, après 5 pour 100 à la réserve légale, à un premier dividende de 10 pour 100 (cumulatif à concurrence de 8 pour 100 l'an); le surplus des bénéfices sera réparti comme il suit : 600000 fr seront attribués aux actions de priorité et ordinaires avec la répartition indiquée ci-dessous, puis 10 pour 100 du solde au conseil d'administration et le surplus sera partagé *au prorata* entre les trois catégories d'actions, sous la réserve de la répartition suivante, entre les actions de priorité et ordinaires, savoir :

Paiement de 8 pour 100 non cumulatif aux actions de priorité, solde réparti : 2 pour 100 aux actions ordinaires et 10 pour 100 aux actions de priorité, jusqu'à ce que les actions ordinaires aient reçu 6 pour 100 non cumulatif.

Après cette répartition, l'excédent appartiendra au prorata à toutes les actions, après prélèvement d'une somme destinée à constituer une réserve dite « reconstitution du capital », calculée de façon à permettre l'amortissement du capital social à l'expiration de la concession, et des sommes dont l'assemblée générale déciderait le versement à tout fonds de réserve ou de prévoyance.

Les actions amorties au moyen des fonds provenant de la réserve dite « reconstitution du capital » seront remplacées par des actions de jouissance ayant, sauf attribution des dividendes de 10 pour 100 aux actions privilégiées, de 8 pour 100 aux actions de priorité et 6 pour 100 aux actions ordinaires, les mêmes droits que les actions non amorties.

APPAREILS NOUVEAUX

L'Industrie Electrique *a de tout temps ouvert gracieusement ses colonnes aux inventeurs d'appareils nouveaux vraiment intéressants. Notre journal ne poursuit en cela d'autre but que celui d'être utile à l'inventeur en faisant connaître le résultat de ses travaux dans le milieu que cela peut intéresser et en même temps en appelant l'attention de ses lecteurs sur des appareils susceptibles de leur rendre service.*

Notre seule récompense sera d'apprendre que nous avons pu être utile à la fois aux uns et aux autres. N. D. L. R.

Une machine à écrire électrique moderne. — On sait que même en possession d'une excellente machine, le dactylographe débutant doit faire une véritable éducation de ses doigts au point de vue endurance. C'est en effet au heurt brusque des extrémités digitales contre une touche qu'est empruntée la force nécessaire pour enfoncer celle-ci de près de 3 cm et projeter le caractère par l'intermédiaire d'un assemblage de leviers.

Selon que la frappe a été plus ou moins énergique le caractère se trouve plus ou moins marqué sur le papier.

Si la touche n'a pas été chassée à fond la barre des caractères s'arrête en route et souvent il arrive que le caractère suivant vient s'écraser sur le dos du premier d'où absence d'une lettre dans le texte.

Le résultat très préjudiciable est que la lettre tapée a souvent une présentation défectueuse, due aux erreurs, à l'irrégularité de l'impression, aux fausses frappes.

On a remarqué que c'est surtout vers la fin de la journée que ces inconvénients se font le plus sentir, le travail est moins rapide et contient plus d'erreurs, cela tient à la fatigue du personnel dont l'attention au travail diminue.

Cette fatigue est beaucoup plus physique que cérébrale, les résultats du dernier concours de dactylographes professionnels, organisé lors de la foire de Paris 1926, sont significatifs à cet égard. Le record (874 frappes pendant une minute) détenu par Mlle Mitchell tombe à la moyenne de 586 lorsque le match dure une heure. Comme il s'agit d'une phrase constamment répétée par conséquent ne demandant aucune tension d'esprit, c'est bien à la fatigue physique que l'on doit attribuer ce « déchet ».

C'est pour éviter les inconvénients signalés plus haut que des inventeurs ont cherché à enlever des mains de « dactylos » la partie purement mécanique de l'impression pour la confier à l'électricité installée à l'heure actuelle pour ainsi dire dans tous les bureaux.

Les Américains, gens pratiques, portent de plus en plus leurs préférences sur ces machines qui, plus rapides, donnent un plus grand nombre de copies nettes, ménagent le personnel et permettent d'obtenir l'uniformité d'impression du meilleur texte imprimé.

A côté de ces grands avantages, ces machines américaines ont à cause de leur complexité un terrible inconvénient qui limite leur emploi; elles coûtent cher! très cher!

En France, avec le change leur prix est absolument prohibitif, elles sont presque inconnues.

La machine « Electromagnétique » dont nous allons donner le principe joint aux avantages des précédentes celui d'être d'une simplicité telle, qu'elle peut être fabriquée à un prix de revient inférieur à celui d'une machine ordinaire.

La sensibilité toute spéciale de cette machine la rend particulièrement apte à servir de récepteur de télégraphie dans les appareils genre « télétypes ».

Les « typewriter » américaines empruntent l'énergie de la frappe à un moteur électrique qui par une série de pignons démultiplicateurs fait tourner à une vitesse convenable un organe muni de dents de choc. Le mouvement rotatif de celui-ci est transformé par *choc* en mouvement alternatif de frappe par des leviers intermédiaires solidaires de la barre des caractères. Lorsque le signe a été projeté sur le papier, des ressorts interviennent et ramènent les divers leviers à leur position de repos. Le moteur tourne et use constamment pendant la séance de travail.

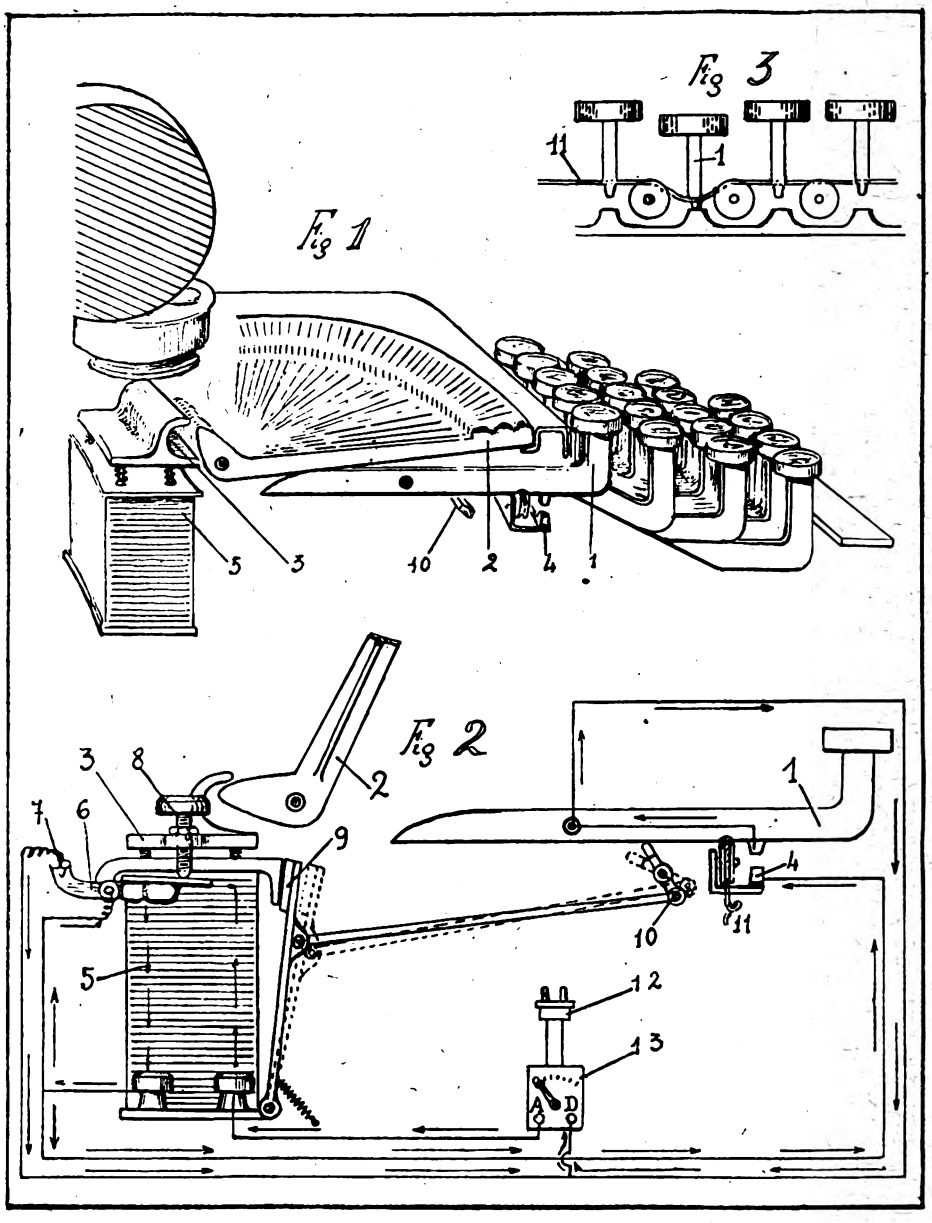
Dans la nouvelle machine française, le mouvement immédiatement alternatif d'une armature attirée par un électro-aimant est utilisé non seulement pour projeter le caractère contre le papier, mais encore pour le ramener à sa position initiale sans intervention *d'aucun ressort ni pièce intermédiaire.*

La consommation infime de courant est réduite au temps strictement nécessaire à l'impression de chaque signe.

Digitized by Google

Les organes, condition esssentielle de durée, ne travaillent pas au choc comme dans les machines américaines.

Un dispositif aussi simple qu'ingénieux bloque le clavier et *empêche toute fausse frappe*, s'il est permis d'employer encore ce mot pour désigner l'opération qui consiste à effleurer une touche.



Description. — La figure 1 représente schématiquement la machine électromagnétique coupée en son milieu. Au contraire, la figure 2 est en vue d'une extrémité de la machine qui montre la position des différents organes de distribution et de blocage au moment où le courant venant d'être rompu en 7 ils vont revenir à leur position de repos. (12) est la prise de courant qui se branche sur le secteur, (13) un petit rhéostat, A est la borne d'arrivée du courant qui après avoir parcouru l'électro-aimant 5 suit le chemin indiqué par les flèches. La machine au repos, le circuit est interrompu en 4 et en 7. D est la borne de départ du courant.

Fonctionnement. — En appuyant très légèrement sur une touche quelconque (fig. 1) de façon à l'enfoncer d'environ 5 mm on soulève la barre à caractères 2 dont le pied qui la termine vient s'insinuer sous la partie supérieure de l'armature 3 en même temps on ferme en 4 le courant sur l'électro-aimant 5.

Quelque brève que soit la durée pendant laquelle on appuie sur la touche 1, elle est toujours au moins suffisante pour que l'électro 5 attire (fig. 2) la très légère palette d'un relais 6 composé d'un simple tube en verre monté sur axe et renfermant une petite quantité de mercure. En basculant le mercure reflue vers la pointe 7 et ferme sur l'électro 1, un circuit indépendant lequel ne sera rompu que par la machine elle-même quand la vis réglable 8 viendra en la heurtant décoller la palette du relai. C'est cette phase que saisit la figure 2.

La barre à caractère 2, en vertu de la vitesse acquise continue son chemin et assure l'impression. On conçoit qu'en réglant la longueur de la vis 8, il soit possible de faire varier la durée de l'émission du courant et la force de frappe suivant le nombre de copies à obtenir.

Le mercure (fig 2) n'étant plus en contact avec la pointe 7, le circuit est rompu et l'armature 3 sollicitée par ses ressorts ramène la barre à caractère 2 à sa position de repos de la figure 1.

L'armature 9 commandant la barrette 10 placée sous la rangée des touches reprend la position indiquée en pointillé et le clavier se trouve débloqué.

A. Rivoire.

Digitized by Google

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

N° 846 SUPPLÉMENT 25 Septembre 1927.

RENSEIGNEMENTS DIVERS

L'électrification rurale. — (*Circulaire interministérielle du 3 août* 1927.) — Une circulaire interministérielle, en date du 5 août et publiée au *Journal officiel*, du 5 août, a été adressée aux préfets pour fixer les directives du programme d'électrification des campagnes.

Dans cette circulaire, les trois ministres qui l'ont signée (Intérieur, Travaux publics et Agriculture) font connaître que, malgré l'heureux rétablissement de la situation financière, « la nécessité de maintenir un rigoureux équilibre entre les dépenses et les ressources budgétaires ne permettra peut-être pas d'accroître autant qu'il serait désirable les crédits affectés à ces travaux dont l'achèvement ne paraît pas devoir excéder une dizaine d'années.

Les ministres ajoutent que les travaux entrepris ne doivent pas excéder les crédits votés chaque année par le Parlement et « lorsque les réseaux ne peuvent desservir tout d'abord qu'une partie de la population, il y a lieu de n'engager les finances communales qu'avec une extrême prudence, et de tendre à laisser la charge excédant les subventions de l'État et du département aux seuls bénéficiaires de la distribution initialement limitée ».

D'autre part, les ministres affirment la nécessité impérieuse de la solidarité entre l'électrification des grosses et des petites communes, d'où « il convient de réunir dans le même syndicat un nombre de communes suffisant formant un tout géographique et économique ».

En terminant, les ministres mettent en garde les populations rurales contre les « promoteurs de groupements qui parcourent les campagnes et qui détournent les populations du contrôle tutélaire de l'Etat, et leur promettant une réalisation plus rapide ».

(*Le Génie Civil*, 27 août 1927,)

Four électrique à arc tournant. — C'est en 1916, que MM. Evréinoff et Telny ont formulé, pour la première fois, le principe des fours électriques à arc tournant. Le premier four de laboratoire a été construit par eux en mars 1917 et le premier four industriel a été réalisé en 1920, mais ce dernier n'a présenté une marche régulière qu'en avril 1925.

Dans la *Revue de Métallurgie* de février 1927, M. L. Dlougatch décrit la particularité du four à arc tournant de MM. Evréinoff et Telny qui consiste en un bobinage spécial noyé dans la maçonnerie du four; ce bobinage crée à l'intérieur du four un champ magnétique qui fait tourner l'arc électrique.

Les fours à arc tournant permettent d'augmenter considérablement la puissance spécifique du four (kw : tonne) et de mener l'opération d'une façon intensive.

Avec ces fours, la transmission de la chaleur au métal s'effectue plus facilement, par suite la durée de l'opération est notablement diminuée.

Le principe de ces fours peut être appliqué aussi bien aux fours à sole non conductrice (type Héroult) qu'aux fours à sole conductrice (type Girod).

(*L'Ingénieur-Constructeur*, juillet-août 1927.)

Les applications de l'acétate de cellulose dans l'industrie électrique. — *The Electrician*, du 10 juin, signale le grand développement pris dans les industries électriques par les applications de l'acétate de cellulose. Déjà les vernis et peintures à base de cellulose se répandent dans l'électricité, comme elles se sont répandues dans l'industrie du meuble; mais d'autres applications plus importantes sont actuellement à l'étude. Parmi celles-ci, on signale la fabrication d'un caoutchouc synthétique dont on attend d'heureux résultats, mais dont la mise au point est encore en cours.

Déjà la soie artificielle, faite au moyen de l'acétate de cellulose, a trouvé, en Allemagne, des applications comme isolant. Sous le nom de « lonarit », on peut maintenant se procurer le même produit sous forme de poudre. D'après les indications des journaux allemands et de l'*Electrician*, cette poudre peut se presser ou se filer à chaud.

En comprimant la matière dans un moule, on en provoque le durcissement rapide, sans avoir à craindre le retrait, ainsi qu'il fallait s'y attendre, puisque l'on ne fait généralement appel à aucun solvant pour humidifier le produit et l'agglomérer. Malgré cela, les objets fabriqués au moyen de la poudre lonarit ont une adhérence satisfaisante. D'ailleurs, on peut, si on le désire, les humidifier au moyen d'acétone, et on procède ainsi à la fabrication d'objets moulés très satisfaisants. Ils n'offrent pas un caractère hydroscopique; ils résistent bien à l'action des acides et des alcalis à l'état dilué. Ils ne sont attaqués, ni par les huiles, ni par la benzine, ni par les matières grasses. Ils sont parfaitement stables jusqu'à la température de 180° C. La densité de ces produits est de 1,45, et la tension de rupture diélectrique qu'ils supportent sous une épaisseur de 1 mm atteint 20 000 v.

Enfin, l'acétate de cellulose s'affirme déjà comme un succédané satisfaisant de l'ébonite dans la fabrication des bacs d'accumulateurs, et on signale les résultats intéressants qu'a donnés l'application du produit dans le cas des fortes batteries d'accumulateurs utilisés sous les sous-marins.

(*Le Génie Civil*, du 27 août 1927).

Digitized by Google

CHRONIQUE FINANCIÈRE

Tramways électriques de Saint-Étienne. — Le produit brut de l'exercice 1926 s'élève à 302260 fr. Après déduction des charges financières et des dotations au fonds d'amortissement (32761 fr) et à la réserve pour renouvellement (146000 fr) le solde bénéficiaire du compte de profits et pertes est de 92848 fr. Le dividende sera de 5 pour 100, soit 5 fr par action, net de l'impôt sur le revenu.

Etablissements Keller et Leleux. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 20 juin 1927, page 558, cette société dont le siège est à Paris, 3, rue Vignon, va porter son capital social de 5250000 fr à 9 millions de francs, au moyen de l'émission et de la création de 7500 actions au capital nominal de 500 fr, à souscrire et libérer contre espèces.

Cette augmentation de capital est divisée en deux tranches :

La première tranche comprend :

1° Une série de 3250 actions, dites « actions A, 1re catégorie », de valeur nominale de 500 fr, portant les nos 10501 à 13750, émises en deux parties :

La première partie comprenant 2250 actions émises au pair de 500 fr et dont la souscription sera exclusivement réservée pour 2100 titres aux actionnaires actuels, à concurrence d'une action nouvelle pour cinq actions anciennes, et les 150 actions de surplus étant à la disposition du conseil d'administration pour en réserver la souscription aux personnes qu'il jugera bon d'agréer.

La seconde partie comprend 1000 actions émises au taux de 1750 fr, dont 1250 fr de prime, parmi lesquelles 700 actions sont réservées aux actionnaires actuels à concurrence d'une action nouvelle pour quinze actions anciennes, le surplus restant à la disposition du conseil qui en réservera la souscription aux personnes qu'il désignera ;

2° Une deuxième série de 1250 actions portant les nos 13751 à 15000, appelées « actions A, 2e catégorie », qui sera émise au taux de 1750 fr, dont 1250 fr de prime. Ces actions seront nominatives et leur transmission sera réglementée et soumise à des restrictions de cessibilité. Tous pouvoirs ont été donnés au conseil d'administration pour en recueillir la souscription auprès de toutes personnes qu'il jugera bon d'agréer, acte lui étant donné de ce qu'il a déjà recueilli la souscription desdites actions.

La deuxième tranche comprend :

3000 actions dites « actions B », émises au pair de 500 fr et obligatoirement nominatives, soumises également à des restrictions de cessibilité.

Toutes les fois que le permettra la loi, ces actions B jouiront d'un droit de vote dans les assemblées générales qui sera cinq fois plus élevé que celui des autres actions.

Dans la répartition des bénéfices, les actions B auront droit à une répartition de moitié de celle attribuée aux actions A, jusqu'à 10 pour 100 de distribution. Pour toute distribution supérieure à 10 pour 100 attribuée aux « actions A », les « actions B » toucheront une part correspondant aux deux tiers de la part revenant aux « actions A ». Dans la répartition de toutes réserves facultatives, et éventuellement dans la répartition du boni de liquidation, chaque action B aura droit à une part égale à deux tiers de celle qui sera attribuée à chaque action A de la première ou de la deuxième catégorie.

Compagnie centrale de Tramways électriques. — Le produit brut de l'exercice 1926 s'élève à 406308 fr. Après déduction des charges financières et des dotations à la réserve pour amortissement (72413 fr) et à la réserve pour renouvellement (135000 fr), le solde bénéficiaire du compte de profits et pertes est de 108689 fr. Le dividende proposé est de 3 pour 100, soit 9 fr par action non amortie, net de l'impôt sur le revenu.

Entreprises électriques immobilières et industrielles. — Sous cette dénomination, vient d'être constituée une société anonyme ayant pour objet la réalisation de toutes installations électriques, immobilières et industrielles, notamment d'installations de force motrice à haute et à basse tensions, d'éclairage électrique, de téléphonie et de sonneries et signaux électriques.

Le siège est à Paris, 122, avenue Philippe-Auguste. Le capital est de 600000 fr en actions de 500 fr, dont 1000 catégorie A, souscrites en numéraire, et 200 catégorie B, attribuées en rémunération d'apports à la société Appareillage électrique Genteur, à Paris, 122, avenue Philippe-Auguste. Il a été créé, en outre, 3000 parts de fondateur, allouées à concurrence de 1000 aux souscripteurs d'actions A et de 2000 au fondateur de la société, M. Pierre Comte, à Paris, 10, rue du Commandant-Rivière.

Compagnie de Constructions et d'Applications électromécaniques. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 11 juillet 1927, cette société dont le siège est à Pantin (Seine), rue Regnault, va procéder à l'émission, pour une somme de 600000 fr de bons remboursables à quatre ans, productifs d'un intérêt annue de 6,50 pour 100, net d'impôts, payable par semestre et d'avance.

Ces bons, permettant de renouveler une partie de ceux remboursables le 20 juillet 1927, seront créés à cette date, en coupures de 500 fr et de 5000 fr ; ils sont émis au pair.

Le prix de souscription, déduction faite du premier coupon payé d'avance, est de :

483,75 fr pour les bons de 500 fr.

4837,50 fr pour les bons de 5000 fr.

La souscription à ces bons pourra se faire soit par versements en espèces, soit par remise, en payement, de bons à quatre ans, remboursables le 20 juillet 1927.

Les bons seront porteurs de sept coupons de 16,25 fr pour les bons de 500 fr, de 162,50 fr pour les bons de 5000 fr, payables les 20 janvier 1928, 20 juillet 1928, 20 janvier 1929, 20 juillet 1929, 20 janvier 1930, 20 juillet 1930, 20 janvier 1931.

Les bons seront remboursables, au pair, le 20 juillet 1931.

Tramways et Eclairage de Beyrouth. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 18 juillet 1927, cette société dont le siège est à Paris, 7, boulevard de la Madeleine, va procéder à l'émission de 4115 obligations de 500 fr chacune.

Ces obligations donnent droit à un intérêt annuel de 35 fr, net de tous impôts existant au moment de l'émission, exception faite de la taxe de transmission qui reste à la charge des obligataires. Cet intérêt est payable par semestre les 1er janvier et 1er juillet de chaque année.

Elles sont amortissables, au pair, en trente-cinq années, par tirage au sort annuel, à partir du 1er janvier 1925, conformément au tableau d'amortissement inscrit au dos des titres, avec faculté pour la société d'accélérer le remboursement de l'emprunt dès le 1er janvier 1934, et même de le rembourser en totalité à tous moments à partir de cette époque.

Digitized by Google

CHRONIQUE DES INSTALLATIONS

Utilisation des chutes du Bancairon, de la Courbaisse et de Saint-Etienne-Lacs sur la Tinée (Alpes-Maritimes). — Le *Journal officiel* du 7 juillet 1927 publie le décret en date du 30 juin 1927, approuvant la convention en date du 5 juillet 1927 passée entre le ministre des Travaux publics, d'une part, et la Société Energie électrique du Littoral méditerranéen, dont le siège est à Paris, 5, avenue du Coq, d'autre part, ainsi que le cahier des charges imposé à cette dernière pour l'établissement et l'exploitation des ouvrages hydrauliques et des usines génératrices destinés à l'utilisation des trois chutes suivantes faisant partie de l'aménagement général de la Tinée, situées entièrement dans le département des Alpes-Maritimes, en voici un extrait :

1° La chute de Bancairon, sur la Tinée, d'environ 335 m, entre la frontière franco-italienne sur la rive gauche, point situé à 350 m environ en aval du confluent du torrent de Molières, et un point situé à 150 m environ en amont du vallon de la Serre, affluent de la rive droite, commune de Saint-Sauveur-sur-Tinée, de Rimplas, Valdeblore, Marie, Clans, Roure, Ilonse et Bairols.

2° La chute de la Courbaisse, sur la Tinée, d'environ 134 m, entre un point situé à environ 150 m en amont du vallon de Serre, affluent de la rive droite, et un point situé à environ 450 m en amont du pont de la Batterie, communes de Bairols, Tournefort, Clans, la Tour et Utelle.

3° La chute de Saint-Etienne-Lacs, d'environ 1185 m, sur les affluents de la rive gauche de la Tinée, entre le confluent des torrents de la Baumette et de Giaufredo, origine de la Tinée, dans le vallon de Bousieyas, et les points situés en contre-haut de la cote 2100 m sur ses affluents de rive gauche jusqu'au torrent d'Assueros y compris, d'une part, et le confluent de la Tinée et du torrent d'Ardon, d'autre part, sur le territoire des communes de Saint-Etienne-de-Tinée et de Saint-Dalmas-de-Selvage. Cette chute est destinée à compenser, par l'utilisation des réserves d'eau accumulées dans divers lacs, les déficits de production des autres usines envisagées sur la Tinée, provenant des variations du débit de cette rivière.

En raison du caractère d'organe régulateur que présente la chute de Saint-Etienne-Lacs, la puissance maximum brute des chutes concédées est évaluée, pour l'ensemble des deux chutes du Bancairon et de la Courbaisse, à 65000 kw, ce qui correspond, compte tenu du rendement normal des appareils d'utilisation, à une puissance maximum disponible de 47500 kw.

La puissance normale brute est évaluée à 48000 kw, compte tenu de l'appoint de régularisation procuré par la chute de Saint-Etienne-Lacs, ce qui correspond de même à une puissance normale disponible de 35000 kw.

L'entreprise a pour objet principal l'alimentation en énergie électrique des réseaux de transmission d'énergie électrique appartenant à la société Energie électrique du Littoral méditerranéen.

Caractéristique de la prise d'eau. — *Chute de Bancairon.* — Le barrage et la prise d'eau sur la Tinée sont placés à 500 m environ en aval du confluent du torrent de Molières, affluent de la rive gauche de la Tinée.

Le niveau normal de la retenue sera à la cote 659 m.

Le débit maximum emprunté sera de 1500 litres par seconde.

Le débit maintenu dans la rivière en aval de la prise d'eau ne devra pas être inférieur à 200 litres par seconde.

Le barrage et la prise d'eau sur le torrent de Vionène seront placés en aval de la limite du territoire de la commune de Roubions.

Le niveau normal de la retenue sera à la cote 670 m.

Le débit maximum emprunté sera de 2000 litres par seconde.

Le débit maintenu dans le torrent, en aval de la prise d'eau, ne devra pas être inférieur à 80 litres d'eau par seconde du 1er avril au 16 octobre; à 10 litres d'eau par seconde du 16 octobre au 31 mars.

Les eaux seront restituées à 150 m environ à l'amont du vallon de Serre, affluent de la rive droite.

Chute de la Courbaisse. — Le barrage est placé en amont de l'usine de Bancairon.

Le niveau normal de la retenue sera à la cote 329.50 m.

Le débit maximum emprunté sera de 20000 litres par seconde.

Le débit maintenu dans la rivière en aval de la prise d'eau ne devra pas être inférieur à 200 litres par seconde.

Les eaux sont restituées à 450 m environ à l'amont du pont de la Batterie.

Chute de Saint-Etienne-Lacs. — Cette chute utilise la réserve saisonnière d'eau constituée dans les lacs de la région du Ténibre, dans les conditions précisées à l'article ci-après.

Ouvrages principaux. — *Chute du Bancairon.* — L'eau destinée à l'alimentation de l'usine du Bancairon sera prise dans la Tinée au moyen d'un barrage à vannes constitué par un seuil fixe arasé à la cote 655 m, niveau du fond du lit de la rivière et surmonté par une ou deux vannes de 3,25 m de hauteur et 16 m de largeur totale.

Le mur de prise est disposé immédiatement en amont du barrage, sur la rive gauche. Sa crête arasée à la cote 657 m est surmontée d'une grille.

La chambre d'eau communique directement avec le canal de dérivation dont le radier est à la cote 655 m à l'origine.

L'eau du vallon de Vionène, affluent de la rive droite de la Tinée, pourra être conduite dans le canal de dérivation par des ouvrages appropriés.

Le canal de dérivation situé sur la rive gauche de la Tinée a une longueur de 14900 m environ. Il est presque entièrement souterrain.

Le canal est jonctionné à son extrémité aval aux conduites sous pression qui descendent directement sur l'usine.

L'usine située au lieudit le Bancairon, sur la rive gauche de la Tinée, a son plancher à la cote 629 m.

L'eau sera écoulée directement dans le canal de dérivation de l'usine de la Courbaisse ou rendue à la rivière.

Chute de la Courbaisse. — L'eau destinée à l'alimentation de l'usine de la Courbaisse sera prise, d'une part, dans le canal de fuite de l'usine du Bancairon et, d'autre part, dans la Tinée, en amont de l'usine du Bancairon au moyen d'un barrage constitué par un seuil fixe arasé à la cote 326,25 m, niveau du fond de la rivière, et surmonté par une ou deux vannes de 3,25 m de hauteur et 20 m de largeur totale.

Le mur de prise est disposé immédiatement en amont du barrage, sur la rive gauche. Sa crête arasée à la cote 328 m, est surmontée d'une grille.

La chambre d'eau communique avec le canal de fuite de l'usine du Bancairon et avec le canal de dérivation, dont le radier est à la cote 325 m à l'origine.

Le canal de dérivation a une longueur de 10900 m, dont 10500 m environ sont situés sur la rive droite de la Tinée. Il est presque entièrement souterrain.

Le canal est jonctionné à son extrémité aval à la conduite sous pression qui descend directement sur l'usine.

L'usine est située en aval du hameau de la Courbaisse près du ravin de la Balase, sur la rive gauche de la Tinée.

Digitized by Google

Quatre dispositifs de destruction seront établis par les soins et aux frais du concessionnaire, en des points que l'administration se réserve de déterminer lors de la présentation des projets d'exécution.

Chute de Saint-Etienne-Lacs. — Les installations créant l'organe régulateur constitué par la chute de Saint-Etienne-Lacs comprennent :

Les réservoirs d'accumulation avec les canaux et aménagements spéciaux qui servent à y amener les eaux;

Les canaux de jonction des réservoirs d'accumulation avec le réservoir collecteur du Ténibre et ce réservoir collecteur;

Le canal d'amenée en charge, les conduites sous pression et l'usine génératrice.

a) *Réservoirs d'accumulation.* — Les réservoirs d'accumulation sont constitués par les lacs de Vens, de Babarotte, Marie, du Val-Ténibre, Ferro et de Rabuons, dont les niveaux sont relevés ou abaissés dans la mesure nécessaire à leur utilisation.

Les niveaux des lacs pourront progressivement, pour chaque lac, être relevés jusqu'aux cotes d'altitude suivantes :

Lac supérieur de Vens, jusqu'à la cote 2375 m. Lac moyen de Vens, jusqu'à la cote 2325 m. Lac inférieur de Vens, jusqu'à la cote 2305 m. Lac de Babarotte, jusqu'à la cote 2430 m. Lac Marie, jusqu'à la cote 2529 m. Le premier lac du val Ténibre, jusqu'à la cote 2590 m.

Le deuxième lac du val Ténibre, jusqu'à la cote 2578 m.

Le lac Lagarottes dans le val Ténibre, jusqu'à la cote 2550 m.

Le lac inférieur du val Ténibre, formant le réservoir collecteur, jusqu'à la cote 2325 m. Le lac Ferro, jusqu'à la cote 2550 m. Le lac de Rabuons, jusqu'à la cote 2530 m. Les niveaux des lacs pourront être abaissés en cours d'exploitation de toute la hauteur nécessaire à l'utilisation rationnelle de leur contenance.

Des canaux d'alimentation et des aménagements spéciaux comprenant des bassins collecteurs et des usines élévatoires pourront être établis progressivement pour augmenter le volume de la réserve saisonnière accumulée dans les lacs, au moyen des eaux provenant des parties du bassin (versant de la Tinée et de ses affluents de la rive gauche) situées en contre-haut de la cote d'altitude 2100 environ, à partir de la rive droite du vallon de Bousieyas jusqu'au vallon d'Assueros, y compris.

b) *Canaux de jonction et réservoir collecteur.* — Les lacs de Vens et de Babarotte seront ointe entre eux et reliés avec le réservoir collecteur du val Ténibre par un canal souterrain ayant une longueur de 5700 m environ.

Les lacs Marie seront reliés à ce canal souterrain. Le radier du canal sera à l'origine à la cote 2298 m. Sa pente sera de 1 m par kilomètre.

Le lac de Rabuons sera joint avec le réservoir collecteur du Ténibre par un canal souterrain ayant une longueur de 2000 m environ. Le lac Ferro sera relié avec ce canal souterrain. Le radier du canal sera à l'origine à la cote 2468 m. La pente sera de 3 m par kilomètre. Ce canal souterrain pourra être prolongé par une conduite sous pression à ciel ouvert jusqu'au bord du réservoir collecteur, pour le relier avec les groupes générateurs et avec les groupes élévatoires qui y seront éventuellement installés.

Les lacs supérieurs du val Ténibre pourront aussi être reliés avec ces groupes générateurs et élévatoires par une conduite sous pression. Les canaux de jonction recevront un revêtement qui permette de les tenir en charge.

Le niveau maximum du réservoir collecteur créé sur l'emplacement du lac inférieur du val Ténibre est fixé à la cote 2325 m.

Ce réservoir constitue la chambre de mise en charge de la chute de Saint-Etienne-Lacs. Il est muni d'un déversoir d'environ 20 m de longueur, arasé à la cote du niveau maximum précité.

Ce déversoir pourra être arasé provisoirement à une cote d'altitude inférieure.

c) *Canal d'amenée en charge, conduites sous pression et usine génératrice.* — Le canal d'amenée souterrain en charge part du réservoir collecteur sur la rive droite du vallon du Ténibre pour se jonctionner sur l'arête de Costa-Plana avec les conduites sous pression qui aboutissent à l'usine.

La longueur du canal d'amenée en charge est de 1000 m environ; son radier est à l'origine à la cote 2290 m; sa pente est de 3 m par kilomètre.

Les conduites sous pression ont une longueur de 2700 m environ. Elles aboutissent aux turbines installées dans l'usine.

L'usine est située au bord de la Tinée, sur la rive droite, à l'amont du confluent du torrent de l'Ardon (commune de Saint-Etienne-de-Tinée).

L'eau utilisée sera rendue à la rivière à l'aval de l'usine ou écoulée directement dans la dérivation de la chute d'aval.

Un bassin de compensation pourra être créé par étapes successives correspondant aux augmentations de la réserve saisonnière.

Digitized by Google

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

N° 847 SUPPLÉMENT 10 Octobre 1927.

RENSEIGNEMENTS DIVERS

Cours publics et gratuits du Conservatoire national des Arts et Métiers. — Comme chaque année le Conservatoire des Arts et Métiers organise des cours publics et gratuits qui commenceront le jeudi 3 novembre 1927. Voici le programme de ceux de ces cours intéressant nos lecteurs.

Machines. — M. E. Sauvage, professeur, lundis et jeudis à 21 h 15; ouverture jeudi 3 novembre 1927. — *Moteurs à combustion interne.* Combustibles gazeux; liquides. Description des moteurs. Application aux voitures automobiles. — *Machines frigorifiques.* Machines à air; à liquides. Appareils à affinité. Applications : transport et conservation des denrées alimentaires; fabrication de la glace; emplois industriels divers. — *Air comprimé.* Ventilateurs, machines soufflantes, compresseurs. Emplois de l'air comprimé. — *Appareils de levage* (éventuellement).

Physique générale dans ses rapports avec l'industrie. — M. Lemoine, professeur, mardis et vendredis à 20 heures; ouverture vendredi 4 novembre 1927. — *Electricité.* Phénomènes fondamentaux du magnétisme. Phénomènes fondamentaux de l'électrostatique. Manifestations du courant électrique : Lois d'Ohm-Pouillet, de Joule, de Faraday. Champ magnétique des courants. Magnétisme du fer. Electro-aimant. Courant d'induction. Lois générales. Applications. Production, par induction, du courant continu et des courants alternatifs. Décharge électrique dans les gaz raréfiés. Rayons cathodiques. Rayons X. Ions et électrons. Lampe à 3 électrodes. Cellules photoélectriques. Courants de haute fréquence. Propagation des ondes. Télégraphie et Téléphonie sans fil. Le radium et les corps radioactifs.

Electricité industrielle. — M. Chaumat, professeur, lundis et jeudis, à 20 heures; ouverture jeudi 3 novembre 1927. — Les courants alternatifs. Représentations graphiques. Valeurs efficaces. Etablissement d'un courant alternatif dans un circuit inductif. Différence de phase. Impédance. Puissance. Facteur de puissance. Wattmètre. Les condensateurs en courants alternatifs. Composition des courants et des différences de potentiels. Diagrammes. Résonance. La bobine de self-induction. Transformateurs à courants alternatifs. Alternateurs monophasés. Moteurs synchrones. Courants alternatifs diphasés et triphasés. Champs tournants. Moteurs asynchrones. Groupes convertisseurs. Commutatrices. Soupapes électrochimiques. Lampes à vide. Les grands transports à courants alternatifs. Organisation des usines génératrices. L'appareillage. Les appareils de protection. Les principales applications mécaniques de l'électricité. Eclairage électrique. Electrochimie et électro-métallurgie. Industries principales. Accumulateurs électriques. Décharges oscillantes. Applications.

Cours et exercices pratiques.

Physique industrielle. — M. Lemoine, professeur. Les jeudis à 14 heures; ouverture jeudi 20 octobre 1927. — *Electricité.* — Electroscope; électromètre à quadrants; mesure de la résistance d'un isolant. Potentiels explosifs; électromètre-balance. Lois d'Ohm, de Joule et de Faraday. Conductibilité des conducteurs solides et des électrolytes. Etude d'une pile; détermination de la force motrice, de la résistance intérieure et de la courbe caractéristique. Etude d'un accumulateur. Etude d'un galvanomètre; détermination de sa résistance intérieure et de sa courbe d'étalonnage. Electroaimants; hystérésis. Courants d'induction. Fluxmètre. Galvanomètre balistique. Détermination des capacités. Etude d'un détecteur à cristaux : caractéristique. Etude du phénomène thermoionique. Détermination de la caractéristique d'une lampe amplificatrice. Etude des rayons X. Radioactivité; détermination de l'activité d'un minerai; étude de l'absorption des rayonnements radioactifs.

Electricité industrielle. — M. Guilbert, professeur adjoint, samedis à 14 heures; ouverture samedi 22 octobre 1927. — *Première année.* — Le galvanomètre à cadre mobile et la méthode du miroir et de l'échelle divisée. La boîte à pont. Mesure des résistances au pont. Ampèremètres et voltmètres industriels. Boîtes de contrôle. Détermination des résistances par la mesure de l'intensité et de la différence de potentiel aux extrémités d'un conducteur, méthode de comparaison. Détermination d'une résistivité. Résistances d'isolement. Méthodes de mesures industrielles. Vérificateurs d'isolement. Etude d'une pile; polarisation. Comparaison de deux forces électromotrices ou différences de potentiel. Méthodes potentiométriques. Mesure des capacités. Association des condensateurs. Etalonnage des appareils industriels en général. Etude des machines dynamos à courant continu. Enroulements d'induit. Différents modes d'excitation : excitation séparée, en dérivation, en série, composée. Relevé des caractéristiques des génératrices à courant continu suivant le mode d'excitation. Etude des moteurs à courant continu. Sens de rotation. Divers modes d'emploi. Relevé des caractéristiques des moteurs à courant continu suivant leur mode d'excitation et leur mode d'alimentation. Essais de durée des machines génératrices et moteurs. Elévation de leur surélévation de température. Détermination du rendement des génératrices et des moteurs par les méthodes industrielles. Méthode des pertes séparées, méthodes à récupération. Emploi des freins. Essais de réception des dynamos et moteurs. Essais des groupes électrogènes.

Digitized by Google

CHRONIQUE DES INSTALLATIONS

Nouvelles lignes électriques. — *Cher, Indre.* — La Société Production, Transport et Distribution d'Énergie a obtenu l'autorisation d'installer une ligne de transmission d'énergie électrique à 10000 v entre la sous-station du chemin de fer de Paris à Orléans à Villement, près d'Issoudun, et la ville de Lignières.

Gironde. — La Société Énergie électrique du Sud-Ouest, 5, avenue du Coq, à Paris, a obtenu l'autorisation d'établir des dérivations à 15000 v, destinées à alimenter le réseau de distribution publique d'énergie électrique de la commune du Teich dans la Gironde.

Nord. — La Compagnie électrique du Nord, 22, rue de l'Abbaye-des-Prés, à Douai, a obtenu l'autorisation d'établir une ligne électrique aérienne à la tension de 15000 v, de Pinon à Brancourt, destinée à l'alimentation du Syndicat de communes de Bassoles-Aulers.

Seine-et-Oise. — La Société Nord-Lumière (Le Triphasé), 4, rue de Vienne, à Paris, a obtenu l'autorisation d'établir :

1° Des canalisations souterraines pour courants triphasés à la tension de 5500 v, dans la commune de Montlignon ;

2° Une canalisation souterraine à la tension de 15000 v, courant triphasé, destinée à l'alimentation des postes de transformation communaux de Blanc-Mesnil ;

3° Branchement souterrain à haute tension du poste Verdier (commune de Nanteuil) au poste de Cornillon (commune de Melun).

La Compagnie Ouest-Lumière, 3, quai National, à Puteaux, a obtenu l'autorisation d'établir une canalisation aérienne d'énergie électrique à la tension de 15000 v, à Gazeran.

Vienne (Haute-). — La Compagnie d'Électricité de Limoges a obtenu l'autorisation de construire une ligne à la tension de 20000 v, de Charroux (commune de Bosmie) à Nexon.

Transformation des tramways urbains et des tramways suburbains de Mulhouse. — Par une loi, en date du 24 juillet 1927 et publiée au *Journal officiel*, sont déclarés d'utilité publique les travaux à exécuter : 1° pour l'électrification et la modification du réseau des tramways urbains de Mulhouse et des tramways de Mulhouse à Ensisheim et à Wittenheim ; 2° pour l'établissement des voies ferrées d'intérêt local ci-après : *a*) prolongement jusqu'à Ensisheim de la ligne de Mulhouse à Wittenheim ; *b*) prolongement jusqu'à Lutterbach de la ligne de la gare de Mulhouse à Dornach ; *c*) prolongement jusqu'à Riedisheim de la ligne de la rue de Galfingen à la gare de Mulhouse ; *d*) prolongement jusqu'aux cimetières de Mulhouse de la ligne de la gare de Mulhouse à Brunstatt.

Pour l'exécution de ces travaux il est accordé par l'État une subvention de 4829000 fr, dont 3275000 fr pour les travaux d'électrification et 1554000 fr pour les travaux neufs.

A la suite de la loi sont publiés, la convention passée le 26 avril 1926 entre le préfet du Haut-Rhin et l'administrateur-délégué de la Société des Tramways de Mulhouse, ainsi qu'un extrait du cahier des charges réglementant l'exécution des travaux et l'exploitation du réseau.

BIBLIOGRAPHIE

Le problème financier et la faillite de la concentration industrielle, par M. Marcel de Coninck. — Un volume 11 cm × 18 cm, 100 pages. — Prix : 4 fr. — Chez l'auteur La Maladrerie, Poissy (Seine-et-Oise). Chèques-postaux, Paris 1114-70.

S'il est un ouvrage que tous les Français devraient lire c'est bien celui de M. de Coninck sur le problème financier. On y trouve exposé dans un style alerte la solution du fameux problème qui se résoudrait facilement avec un peu de bonne volonté de chacun. Nous ne pouvons mieux faire du reste que de donner les titres des 22 chapitres de ce curieux et intéressant petit ouvrage : Le problème financier doit être bien posé. — Stabilisation ou Revalorisation. — Le dogme de la monnaie stable. — La revalorisation progressive. — Les stabilisateurs veulent avant tout empêcher le franc de remonter. — Les arguments spécieux des stabilisateurs. — Le remboursement des emprunts de guerre avec « échelle mobile ». — Les frais de la guerre doivent être payés par l'impôt. — L'amortissement accéléré de la dette publique. — L'abaissement des prix de revient. — L'œuvre de F. W. Taylor. — L'œuvre de Ford. — L'application des méthodes modernes en France. — La déconcentration de l'industrie. — Les progrès foudroyants de la technique du XX^e^ siècle. — Le fol orgueil des « Producteurs ». — Les maniaques de l'exportation. — Les adorateurs du « Kolossal ». — Les Monopoles. — Les « grandes industries » intéressant la Défense Nationale. — L'agonie de la « Grosse Ferraille ». — Les réformes monétaires et fiscales.

La conclusion est également à lire puisqu'elle montre qu'il faut revenir aux traditions nationales et aux conceptions françaises et ne pas laisser s'implanter certaines influences étrangères qui n'ont été jusqu'ici que néfastes.

Annuaire-Guide de poche de la métallurgie, par J. Merchiers. — Un vol. de 11 cm × 17 cm, 150 pages. — *Société d'Edition des annuaires à Ledeberg-Gand* (Belgique).

Cet ouvrage, en dehors de quelques renseignements et adresses, contient des tables de densités, chaleurs de fusion, tensions de vapeur et des indications sur la composition des mortiers.

Idées américaines comme sources de richesses, par Eugène Véra. — Un vol. 16 cm × 26 cm, 80 pages. — *Eugène Véra,* éditeur à Bruxelles.

L'auteur de ce livre, au cours d'un séjour de plus de dix ans aux États-Unis, s'est inculqué des dernières méthodes de l'organisation commerciale américaine et ce sont ces enseignements qu'il donne dans son livre. On y trouve tous les procédés employés depuis la réclame intense jusqu'à l'étude de la production économique. Méthodes excellentes certes, mais qui demandent à être modifiées pour être employées dans la vieille Europe.

Digitized by Google

CHRONIQUE FINANCIÈRE

Tramways électriques de Brest. — Le produit brut de l'exercice 1926 s'élève à 241593 fr. Après déductions des dotations au fonds d'amortissements (70355) et à la réserve spéciale pour réfections (54000 fr), le solde bénéficiaire du compte de profits et pertes est de 131527 fr. Le dividende proposé est de 4 pour 100, soit 12 fr par action, net de l'impôt sur le revenu.

Tramways électriques de Caen. — Le produit brut de l'exercice 1926 s'élève à 171167 fr. Compte tenu des charges financières, le solde déficitaire du compte de profits et pertes est de 68356 fr.

Electro-Exploitations. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 11 juillet 1927, cette société dont le siège est à Paris, 60, rue de Provence, va porter son capital à 5 millions de francs par l'émission de 20000 actions de priorité semblables à celles précédemment créées, à souscrire en numéraire et émises au pair.

Electro-Exploitation. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1926, qui se soldent par une perte de 177252 fr, formant, avec le report déficitaire des exercices antérieurs, un solde débiteur total de 423625 fr.

Compagnie Française Thomson-Houston. — D'après une une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 18 juillet 1927, cette société dont le siège est à Paris, 173, boulevard Haussmann, va procéder à l'émission de 24000 obligations nouvelles de 500 fr, portant les numéros 1 à 24000, rapportant un intérêt de 6 pour 100 l'an net d'impôts sur le revenu. Cet intérêt sera payable par coupons semestriels, les 15 juin et 15 décembre de chaque année, le premier coupon étant à l'échéance du 15 décembre 1927.

Lesdites obligations, nominatives ou au porteur, seront remboursables en onze années, à partir du 1er avril 1927, le premier remboursement ayant lieu le 1er avril 1928.

Il sera remboursé 2181 obligations le 1er avril de chacune des dix premières années et 2190 obligations le 1er avril 1938.

Ces remboursements s'opéreront, soit par voie de tirages au sort au pair, soit par rachats en bourse, au-dessous du pair.

Les tirages auront lieu en mars de chaque année, pour que le remboursement ait lieu le 1er avril suivant.

Les obligations sorties cesseront de porter intérêt à compter de la date fixée pour leur remboursement. La compagnie se réserve, d'autre part, le droit de procéder, en tous temps, à l'amortissement des obligations par rachats en bourse au-dessous du pair.

Ces obligations, comme les précédentes, sont garanties par l'actif de la société.

R. Dehay et Cie. — Cette société à responsabilité limitée vient d'être formée pour l'exploitation d'une fabrique d'appareils de téléphonie sans fil et accessoires. Le siège est à Charenton (Seine), 6, rue Nouvelle. Le capital est de 240000 fr divisé en 240 parts de 1000 fr.

Coopérative industrielle d'Appareillage électrique. — Récemment constituée à Bordeaux, 26, rue des Piliers-de-Tutelle, cette société à responsabilité limitée a pour objet l'exploitation d'un fonds de commerce et d'industrie d'appareillage électrique. Le capital est de 405000 fr, divisé en 405 parts de 1000 fr.

Compagnie générale d'Entreprises électriques. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1926-1927 se soldant par un bénéfice net de 1087000 fr.

Le dividende a été fixé à 60 fr par action ancienne, soit 49,20 fr net par action nominative et 431,76 fr net par action au porteur.

En outre, les actions nouvelles provenant de l'augmentation de capital réalisée en janvier 1927 toucheront, conformément aux conditions d'émission de ces actions, 5 pour 100 du capital nominal sur le dernier trimestre de l'exercice (1er janvier-31 mars 1927), soit 6,25 fr net aux actions nominatives et 5,82 fr net aux actions au porteur.

Le Taxiphone. Compagnie pour l'Exploitation en France des Téléphones automatiques. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, du 4 juillet 1927, cette société dont le siège est à Paris, 15, rue Friant, va procéder à l'émission de 11000 actions nouvelles de 100 fr chacune, en représentation de l'augmentation de capital de 1100000 fr autorisée par ladite assemblée générale extraordinaire.

Les actions nouvelles seront entièrement assimilées aux anciennes. Elles auront droit ainsi à la première répartition des bénéfices qui sera faite, sous déduction des impôts avancés par la société ; elles recevront donc le même dividende net que les actions anciennes.

Société anonyme électrique de Voyenne. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 4 juillet 1927, page 636, cette société dont le siège est à Voyenne (Aisne), va procéder à l'émission de 200 bons, d'un montant nominal de 500 fr, rapportant 10 pour 100 d'intérêt, soit 50 fr bruts par an. Ces bons seront remboursables au pair de 500 fr, en dix ans, par voie de tirage au sort.

La société se réserve la faculté de rembourser par anticipation, tout ou partie de ces bons sans préavis. Dans ce cas, la date du remboursement devra coïncider avec la date d'échéance d'un coupon.

Jusqu'au remboursement intégral du présent emprunt d'un million de francs, la société émettrice s'interdit de conférer hypothèque sur les biens et droits immobiliers qu'elle peut ou pourra posséder, ou constituer un nantissement de son fonds de commerce, au profit d'autres créanciers sans que les présents bons soient appelés à profiter des mêmes garanties et au même rang.

Les porteurs de bons seront groupés en société civile pour l'exercice de leurs droits.

Société Force et Lumière des Pyrénées. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 11 juillet 1927, cette société dont le siège est à Paris, 14, rue Roquépine, va procéder à l'émission de 20000 actions dites privilégiées et de 40000 actions dites ordinaires.

Compagnie d'Électricité de Brest et Extensions. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 20 juin 1927, cette société, dont le siège est à Paris, 54, rue La Boétie, va procéder à l'émission de 12000 obligations de 500 fr chacune.

Ces obligations rapporteront un intérêt annuel de 6,5 pour 100, soit 32,50 fr. payable par semestre, net d'impôts présents et futurs, à l'exception de la taxe annuelle de transmission et des droits de transfert et de conversion.

Ces obligations seront amortissables dans un délai maximum

Digitized by Google

de 30 ans à partir de la première année, conformément au tableau d'amortissement qui sera inscrit au dos des titres, soit au pair par tirages au sort annuels, soit par rachat en bourse au-dessous du pair, compte tenu de la fraction courue du coupon.

La société se réserve la faculté d'amortissement anticipé à partir de la cinquième année.

Union électrique du Finistère. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, du 27 juin 1927, cette société dont le siège est à Landerneau (Finistère), 33, rue de la Fontaine-Blanche, va procéder à l'émission au pair, de 4400 actions de 500 fr chacune, payables un quart à la souscription.

Société du Grand Doron. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 25 juillet 1927, cette société, dont le siège est à Chambéry, 5, rue de la Poste, va procéder à l'émission au pair d'une première tranche de 26400 obligations d'une valeur nominale de 500 fr chacune à 6 pour 100, représentant un capital de 13200000 fr.

Lesdites obligations, auxquelles n'est attachée aucune garantie spéciale, sont payables lors de leur souscription et produisent, à compter du 1er juillet 1927, un intérêt annuel de 6 pour 100 payable par semestre les 1er janvier et 1er juillet de chaque année, à partir du 1er janvier 1928. Elles sont remboursables au pair dans un délai de 35 années, par voie de tirages au sort annuels, la première fois en 1932, suivant un tableau d'amortissements établi par le conseil.

La Société se réserve le droit de procéder à des remboursements anticipés, soit pour la totalité, soit pour partie des obligations, mais seulement à partir du 1er juillet 1932.

Production, Transport et Distribution d'énergie. — L'assemblée ordinaire, tenue le 10 juin 1927, a approuvé les comptes clos le 31 décembre 1926, d'une durée exceptionnelle de 18 mois. Cet exercice se solde par une perte de 105 056 fr à laquelle vient s'ajouter le report déficitaire des exercices antérieurs, soit 311 573 fr.

Société d'électricité de Guebwiller et environs. — L'assemblée générale du 9 juillet 1927 a approuvé les comptes de l'exercice 1926-1927, clos le 31 mars dernier. Ils se soldent par un bénéfice net de 1365614,70 fr, auquel s'ajoute le report antérieur de 892302,15 fr. Comme pour l'exercice précédent, le dividende a été fixé à 9 pour 100, absorbant 00000 fr; il est payable dès le 15 juillet, à raison de 45 fr net au nominatif et de 39,75 fr net au porteur contre coupon n° 26. Après dotation de 145 000 fr au fonds d'assistance et de 250000 fr à la réserve spéciale pour éventualités diverses, il a été reporté à nouveau 962916,85 fr.

Le bénéfice ci-dessus indiqué s'entend après amortissement de 400 000 fr, affectation de 100 000 fr au fonds de renouvellement et déduction des charges statutaires.

Toutes ces répartitions comprises, les divers fonds de réserves et d'amortissements s'élèvent au total de 5940718,45 fr.

Le capital actions est de 10000000 fr et la somme restant à rembourser sur les trois emprunts obligataires de 1904, 1905 et 1908 est de 677500 fr.

Société marocaine de Distribution d'Eau, de Gaz et d'Électricité — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, cette société, dont le siège est à Paris, 73, boulevard Haussmann, va porter son capital à 30 millions de francs par l'incorporation au capital et la transformation en actions d'une somme de 5 millions de francs à prélever sur les réserves, cette augmentation de capital devant être représentée par 20 000 actions nouvelles de 250 fr chacune, entièrement libérées, jouissance au 1er janvier 1927, à distribuer gratuitement aux actionnaires à raison d'une action nouvelle pour 5 actions anciennes.

Société anonyme rurale de Distribution d'Electricité. D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, cette société, dont le siège est à Paris, 10, rue de la Fidélité, va procéder à l'émission de 2000 obligations de 500 fr chacune, aux conditions suivantes :

Ces obligations seront émises au taux de 475 fr et produiront un intérêt annuel de 7 pour 100 payable par semestre le 1er janvier et le 1er juillet de chaque année, net d'impôt, sauf en ce qui concerne l'impôt de transmission qui reste à la charge des obligataires.

Le coupon n° 1 portera la date du 1er janvier 1928 et les souscripteurs auront, en conséquence, à payer en sus du principal la portion d'intérêt à 7 pour 100, courue du 1er juillet 1927 au jour de leur versement.

Ces obligations seront remboursables au pair de 500 fr chacune, par voie de tirage au sort, dans un délai maximun de 25 ans, le premier remboursement ayant lieu le 1er juillet 1937 et se continuant d'année en année jusqu'au 1er juillet 1952, à raison de 130 obligations par année pour les 14 premières années, et 180 obligations pour la quinzième.

Digitized by Google

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

N° 848 | SUPPLÉMENT | 25 Octobre 1927.

RENSEIGNEMENTS DIVERS

Traction électrique. — L'électrification des chemins de fer français. — Il paraît que M. Tardieu, ministre des Travaux publics, vient de mettre à l'étude tout un programme d'électrification des grandes lignes de chemins de fer.

D'accord avec M. Poincaré et avec M. Bokanowski, M. Tardieu a approuvé les projets de la seconde tranche de ce plan général d'électrification dont les travaux vont commencer incessamment.

Afin de ne pas grever les budgets des Compagnies de Chemins de fer par les dépenses considérables nécessaires à l'équipement des lignes qui vont être électrifiées et à la construction des tracteurs, M. Tardieu, d'accord avec tout le Gouvernement, vient de demander à l'Allemagne, au titre des prestations, la fourniture de tout le matériel électrique nécessaire. Dans ces conditions, les travaux d'électrification des grandes lignes de chemins de fer vont se poursuivre sans arrêt.

(*Les Chemins de fer et les Tramways*. Octobre 1927.)

Le transpyrénéen. — On sait que la percée des Pyrénées doit s'effectuer presque aux deux extrémités de la chaîne, d'une part, dans les Basses-Pyrénées par la ligne qui reliera Bédous à Jaca; d'autre part, dans les Pyrénées-Orientales et l'Ariège, par le tracé d'Aix-les-Thermes à Ripoli.

Les travaux se poursuivent activement sur chacun des transpyrénéens, nous annonce notre confrère *les Chemins de fer et les Tramways*.

On évalue à plus de cinq cents le nombre des ouvriers qui travaillent sur la ligne de Bédous à Jaca.

La ligne entière est placée au tunnel international de Somport. La majeure partie des pylônes pour l'électrification sont dressés.

La gare d'Etsaut est complètement achevée. Les sous-stations de Bédous, Urdos et des Forges d'Abel sont très avancées.

Du côté espagnol, on ne chôme pas non plus. On a terminé la consolidation de la ligne, pour laquelle on a employé plus de 4000 m³ cubes de ballast.

On compte que l'inauguration pourra se faire en juin 1928.

La ligne d'Aix-les-Thermes à Puigcerda ne vient qu'en deuxième lieu dans l'ordre d'urgence des transpyrénéens. Son achèvement est néanmoins escompté pour l'année suivante. Ces jours derniers on a commencé la pose des rails.

Le matériel nécessaire à l'équipement de la ligne se trouve aux Cabannes, station située à 15 km d'Ax-les-Thermes. Là, des ouvriers adaptent les rails de 22 m aux traverses en bois. Dès qu'une section de voie de 22 m est prête, elle est chargée sur des vagons. Le train complet est emmené à Ax-les-Thermes et aiguillé sur la ligne à équiper jusqu'au point où finit la voie actuelle. A cet endroit, deux portiques ou grues enlèvent chaque section de la voie de dessus les vagons et la pose à sa place. Immédiatement elle est fixée à la section précédente. Le train avance alors sur la section de la voie qui vient d'être posée et on procède de la même façon pour la pose d'une seconde tranche. On continue ainsi de 22 m en 22 m.

On espère atteindre la station de l'Hospitalet (19 km d'Ax-les-Thermes) au 1er décembre prochain. En hiver, on pourra travailler dans le tunnel de Puymaurens, long de 6 km et sur la section de Cerdagne qui jouit du climat méditerranéen.

L'électrification des voies ferrées à Madagascar. — Le programme des grands travaux publics à effectuer à Madagascar comporte l'électrification des voies ferrées. Les travaux d'électrification viennent d'être entrepris. Ils ont lieu, pour commencer, sur la seule grande ligne qui existe à Madagascar et qui relie Tamatave à Tananarive. Le programme prévoit en outre la construction d'une seconde voie ferrée, allant de Fianarantsoa à la côte Est, et qui est destinée à être électrifiée. Cette ligne, dont les travaux sont en cours, évacuera sur la côte Est les produits de la riche région de Betsiloé, qui est particulièrement agricole.

A travers les différences qui caractérisent la structure des deux lignes, on retrouvera aisément certaines analogies.

Ces traits communs sont les suivants : chaque voie sera desservie par deux lignes parcourues par du courant monophasé à 22 000 v, l'une pour le transport, l'autre pour la distribution de l'énergie, toutes les deux aériennes. Le courant sera recueilli directement sous la tension de transport par la locomotive selon une méthode différente de celle appliquée dans la métropole, mais qui permet de réaliser une économie appréciable, sur les frais d'équipement. Entre autres avantages, ce système permet de supprimer les postes de transformation, et les sous-stations qui subsistent — on en a prévu une tous les 35 kilomètres environ — n'ont plus d'autre objet que d'assurer une distribution régulière de l'énergie le long de la ligne.

On a prévu pour l'alimentation de Tamatave-Tananarive deux usines hydroélectriques, l'une de 17 000 ch environ, à Farastana, sur la Vohitra, l'autre de 13 000 ch à Isinjoarno, sur l'Oniré. La première sera affectée au service de la section Junk-Tananarive; la seconde lui servira de station de secours jusqu'au jour où la section de Tananarive-Antsirabé ayant été elle-même électrifiée, elle passera au service de cette dernière.

La ligne de Betsiloé doit comporter deux usines : l'une de 26 000 ch sur les chutes du Taraony assurera l'alimentation normale du chemin de fer de Betsiloé lui-même, l'autre de 15 000 ch sur la Mintinadry lui servira d'usine de secours.

On peut donc envisager que, dans un avenir qui n'est pas très lointain, Madagascar possédera deux voies à grand rendement qui ouvriront l'accès de la mer à deux régions d'une grande fertilité.

(*Les Chemins de fer et les Tramways*. Octobre 1927.)

Digitized by Google

CHRONIQUE DES INSTALLATIONS

Réseaux ruraux. — Il est question de l'établissement d'un réseau rural de distribution d'énergie électrique dans les communes suivantes :

Aude. — Bouy-sur-Orvin, Courceroy, Fontaine-Macon, Fontenay-de-Bossery, Cumery, La Motte-Tilly, La Louptière, Le Mériot, Marnay, Quincey-Saint-Aubin, Soligny-les-Etang, Traidel. La Force, Quirbajou, Marsa.

Indre-et-Loire. — Charentilly.

Puy-de-Dôme. — Lezoux, Saint-Jean-d'Heurs, Néronde, Peschadoires, Paslières, Dorat, Noalhat, Charnat. Virzelles, Crevant, Bulhon, Orléat, Pontaumur, Miremont, Villesanges, Landogne, Combreilles, Saint-Hilaire, Lec Monges, La Coutelle, Condat-en-Combreilles, Saint-Avit, Saint-Etienne-des-Champs, Montel-de-Calet, Tralaigne, Giat, La Celle, Fernoël, Voingt, Herment, Vermeugheol, Saint-Germain-près-Herment, Lastic, Sauvagnat, Puy et Culmier.

Aveyron, Gard, Lozère. — La Compagnie nouvelle des Mines de Villemagne a présenté une demande de concession avec déclaration d'utilité publique en vue d'établir et d'exploiter une distribution d'énergie électrique aux services publics s'étendant sur les départements de l'Aveyron, du Gard et de la Lozère.

Gard. — La Société Sud-Electrique, 94, rue Saint-Lazare, à Paris, a obtenu l'autorisation d'établir une ligne à la tension de 15 500 v d'Uzès à Pont-Saint-Esprit.

Gironde. — La Société Energie Electrique du Sud-Ouest, 5, avenue du Coq, à Paris, a obtenu l'autorisation d'établir : 1° une dérivation aérienne à 15 000 v destinée à alimenter le secteur de quartier de Breillan; 2° de modifier sur le territoire de la commune de Saint-Médard-d'Eyrans, au lieudit « La Prade » la ligne à haute tension dite « Dérivation primaire de la Brède ».

Nord. — La Société électrique de la Région de Dunkerque a obtenu l'autorisation d'établir un câble souterrain à 15 000 v entre l'usine des Formes de Radoub et la station électrique au Port de Dunkerque.

Seine-et-Oise. — La Compagnie d'Electricité Ouest-Lumière, 5, quai National, à Puteaux, a obtenu l'autorisation d'établir : 1° diverses canalisations d'énergie électrique aux tensions de 10 400 et 2 800 v dans la commune de Sèvres; 2° une ligne d'énergie électrique à 5000 v rue des Moulineaux, à Meudon; 3° une canalisation d'énergie électrique souterraine à haute tension de Carrières-sur-Seine à Houilles; 4° une canalisation aérienne de transmission d'énergie électrique à haute tension à la traversée de la Seine, sur les emprises du chemin de fer aux abords du Pont des Anglais, à Nanterre (Seine) et à Bezons (Seine-et-Oise).

La Société Nord-Lumière (Le Triphasé) a obtenu l'autorisation d'établir une canalisation aérienne à la tension de 15 000 v destinée à alimenter deux postes de transformation l'un à Mantes-sur-Seine, l'autre à la gare de triage de Verneuil-Vernouillet.

Haute-Garonne et Ariège. — Le *Journal officiel* a publié le décret en date du 5 août 1927, approuvant la convention en date du 8 juin 1927 passée entre le ministre des Travaux publics, d'une part, et la Société Electricité et Gaz des Pyrénées, dont le siège est à Luchon, d'autre part, ainsi que le cahier des charges imposé à cette dernière, pour la distribution de l'énergie électrique :

1° Aux services publics organisés en vue des transports en commun, de l'éclairage public ou privé ou de la fourniture de l'énergie aux particuliers;

2° Aux services publics organisés en vue de l'alimentation en énergie, des services publics énumérés au paragraphe précédent au moyen d'ouvrages et de canalisations exécutés dans la zone s'étendant sur tout ou partie des départements de l'Ariège et de la Haute-Garonne.

La concession ne fait pas obstacle à ce que, dans la même zone, des permissions de voirie ou d'autres concessions soient accordées dans les conditions de la loi du 15 juin 1906.

Le courant distribué sera produit sous la forme de courant alternatif triphasé. Il proviendra des usines de la Société concessionnaire situées à Salau (Ariège), Montréjeau (Haute-Garonne), et ultérieurement de celle de Lacourt (Ariège), dont la concession est accordée.

La société est d'ailleurs autorisée, le cas échéant, à produire l'énergie dans d'autres usines lui appartenant ou à l'acheter à des tiers.

L'Etat aura le droit, à toute époque, de faire mettre à la disposition du concessionnaire, de l'énergie réservée aux bornes d'une usine hydraulique concédée.

Il est spécifié que le poste de transformation 50 000/5000 v de Montréjeau fait partie intégrante de la concession ainsi que le poste de jonction et de coupure établi à proximité du pont du Baup (Saint-Girons).

La tension du courant est fixée à 50 000 v.

La valeur de la tension fixée dans chaque contrat d'abonnement ne devra pas s'écarter de plus de 5 pour 100 en plus ou en moins de la valeur ci-dessus.

La tension mesurée aux points d'utilisation en service normal ne devra pas s'écarter de plus de 7 pour 100 en plus ou en moins de la valeur fixée au contrat d'abonnement.

La fréquence du courant distribué en service normal est fixée à 50 per : sec, avec une tolérance de 5 pour 100 en plus ou en moins.

Utilisation de la chute de Mousquière sur l'One (Haute-Garonne). — On vient d'accorder une concession en vue de l'établissement d'une usine hydro-électrique destinée à l'utilisation de la chute d'environ 119 m (en eaux moyennes) disponible entre le confluent de la Neste d'Oo et de la Neste d'Oueil, et l'usine de Luchon appartenant à la Compagnie d'Electricité industrielle, commune de Bagnères-de-Luchon, Cazaril, Trébons Saint-Aventin, département de la Haute-Garonne.

Cette concession englobe la chute de la Picadère, appartenant à la société concessionnaire dont le barrage avait été autorisé par arrêté préfectoral du 2 mai 1901.

La puissance maximum brute de la chute concédée est évaluée à 3500 kw dont 2250 kw représentent la puissance autorisée de l'ancienne usine de la Picadère et 1250 kw l'augmentation de puissance procurée par les travaux nouveaux, ce qui correspond, compte tenu du rendement normal des appareils d'utilisation, à une puissance disponible de 2160 kw, dont 1560 représentent la puissance autorisée de l'ancienne usine de la Picadère et 800 kw l'augmentation de puissance procurée par les travaux nouveaux.

La puissance normale brute est évaluée à 2800 kw, sur lesquels 2000 kw représentent la puissance autorisée de l'ancienne usine de la Picadère, et 800 kw l'augmentation de puissance réalisée par les travaux nouveaux, ce qui correspond de même à une puissance normale disponible de 1745 kw dont 1240 représentent la puissance autorisée et 505 l'augmentation de puissance procurée par les travaux nouveaux.

Digitized by Google

L'entreprise a pour objet principal l'alimentation en énergie des réseaux de distribution exploités par la société concessionnaire ainsi que la fourniture de l'énergie aux services publics et au public.

Le barrage sur l'One est placé immédiatement en aval du confluent de la Neste d'Oo et de la Neste d'Oueil. Le niveau normal de la retenue sera à la cote 762,22 m.

Le débit maximum emprunté sera de 2800 l : sec dont 2400 l : sec correspondent au débit autorisé de l'ancienne usine de la Picadère.

Le débit maintenu dans la rivière, en aval de la prise d'eau, ne devra pas être inférieur à 50 l : sec.

Le barrage sur le Gourron sera placé à 550 m environ en amont de son confluent avec l'One. Le niveau normal de la retenue sera à la cote 761,70 m.

Le débit maximum emprunté sera de 200 l : sec.

Le débit maintenu dans le Gourron en aval de la prise d'eau, ne devra pas être inférieur à 10 l : sec du 1er mai au 10 octobre.

Les eaux seront restituées dans l'One immédiatement en amont du débouché du canal de fuite de l'usine de Luchon.

Le barrage sur l'One, constitué par un massif de maçonnerie arasé à la cote 761,75 m sera relevé à la cote 762,22 m.

Les ouvrages de prise d'eau situés sur la rive droite seront conservés et améliorés.

Le canal d'amenée de l'ancienne usine de la Picadère, dont la longueur totale en souterrain est de 1750 m environ sera utilisé sans modifications; une vanne de tête et une grille de défeuillage seront disposées à l'origine de ce canal. L'ancienne chambre d'eau de l'usine de la Picadère, sera transformée en ouvrage de sectionnement et de réglage. A partir de ce point, le canal d'amenée sera prolongé sur une longueur de 600 m environ en souterrain. Il traversera le ruisseau de Gourron au moyen d'un pont-canal.

Le captage du Gourron sera effectué au moyen d'un simple barrage à poutrelles. La prise d'eau commandera un canal de dérivation situé sur la rive droite, qui se déversera dans le canal d'amenée principal, à la tête rive droite du pont-canal.

La nouvelle chambre de la mise en charge sera munie d'appareils de défeuillage, de réglage et de vidange permettant d'évacuer les eaux dans un petit ravin passant à proximité, convenablement aménagé.

La conduite forcée sera unique et en tôle d'acier de 1,15 m au moins de diamètre intérieur. Elle sera pourvue, en tête, d'un appareil de fermeture automatique en cas de rupture.

L'usine sera située entre la rive droite de l'One et la route thermale n° 1; elle sera équipée au moyen de trois groupes turboalternateurs de 1435 kv-a chacun, dont le troisième pourra être ajourné jusqu'à ce qu'il soit reconnu nécessaire.

Les eaux seront restituées dans le canal de Mousquères, convenablement aménagé jusqu'à l'usine de la Compagnie d'Electricité industrielle, pour gagner le maximum de hauteur de chute encore utilisable sur ce canal.

Un déversoir de réglage sera établi pour permettre de déverser dans l'One les eaux de trop-plein qui ne pourraient être écoulées par ce canal.

CHRONIQUE FINANCIÈRE

Société rurale de Distribution d'Électricité de la Benauge. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, cette société, dont le siège est à Cadillac-sur-Garonne (Gironde), va porter son capital de 1 million de francs à 1 500 000 fr par l'émission de 2000 actions privilégiées, série B, de 250 fr chacune.

Force et Lumière du Velay. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, cette société, dont le siège est à Le Puy (Haute-Loire), 24, place du Breuil, va procéder aux émissions suivantes :

1° Augmentation du capital de 1 million de francs, par l'émission au pair de 2000 actions nouvelles de 500 fr chacune payables un quart en souscrivant et le surplus suivant les appels des gérants.

Ces actions donneront droit à un intérêt ou premier dividende de 7,50 fr net sur les sommes dont elles seront libérées a compter du jour du versement jusqu'au 31 décembre 1927. A partir du 1er janvier 1928, elles seront assimilées aux actions représentant le capital social actuel et jouiront des mêmes droits.

2° Emission, jusqu'à concurrence de 1 million de francs, d'obligations de 500 fr chacune, rapportant un intérêt annuel de 7,50 pour 100 net de tous impôts présents et futurs.

Compagnie électrique du Nord. — Les comptes et bilan de l'exercice 1926 font apparaître un bénéfice de 8 427 467 fr contre 6 507 783 fr. Le dividende a été fixé à 17 fr contre 15 fr.

Le rapport du Conseil d'administration souligne que le réseau de grande distribution est achevé, passant de 548 à 602 km.

Société française d'électrification rurale. — L'assemblée ordinaire, tenue le 23 juin 1927, a approuvé les comptes du premier exercice social clos le 31 décembre 1926 se soldant par un bénéfice net de 74 814 fr.

L'assemblée a décidé d'affecter 65 000 fr à une réserve spéciale et de reporter le solde à nouveau.

Société de la Haute-Isère. — L'assemblée ordinaire tenue à Lyon, le 30 juin 1927, a approuvé le bilan de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice de 519 995 fr, affecté en totalité tant aux amortissements qu'au renouvellement du matériel.

Compagnie d'Electricité et de Traction en Espagne. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice de 341 509 fr auquel vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 2709 fr.

Le dividende a été fixé à 60 fr brut, sur lequel un acompte de 30 fr a déjà été versé.

Energie électrique du Centre de l'Espagne. — Une assemblée extraordinaire, tenue le 5 juillet 1927, a prononcé la dissolution de la société et nommé liquidateurs MM. Adrien Palaz, ingénieur, 5, avenue du Coq, à Paris, et Pierre Thierry, ingénieur, 1, rue d'Arcachon à Bordeaux.

Ajoutons qu'une première répartition de 1150 fr par action (dont 250 fr, remboursement de capital, et 900 fr, acompte sur boni de liquidation) et de 375 fr par part de fondateur, est effectuée depuis le 20 juillet.

Moteurs Drouard. Veuve Drouard et Gillot. — Conservant sa dénomination, cette société en nom collectif, dont le siège est à Paris, 252, rue Lecourbe, et qui a pour objet la fabrication et la vente de moteurs électriques, vient d'être transformée en société à responsabilité limitée. Le capital a

Digitized by Google

été porté à 1500000 fr, représenté par 3000 parts de 500 fr. Les gérants sont Mme veuve Drouard, à Boulogne-sur-Seine, rue du Château, 70, et M. Gillot, à Paris, rue Lecourbe, 252.

Société nantaise d'Eclairage et de Force par l'Electricité. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, cette société, dont le siège est à Paris, 45, rue La Boétie, va procéder à l'émission de 200000 bons décennaux de 500 fr chacun. Ces bons rapporteront un intérêt annuel de 7 pour 100 et porteront jouissance du 15 septembre 1927.

Le montant des coupons sera net de tous impôts français présents et futurs, à l'exception de la taxe annuelle de transmission et des droits de transfert et de conversion.

Ces bons sont remboursables en 10 ans, au pair, au plus tôt à partir du 15 septembre 1930, et au plus tard le 15 septembre 1940. Entre ces deux dates, la société aura la faculté de rembourser les bons, en totalité ou en partie, soit au pair par voie de tirage au sort, moyennant un préavis de trois mois, soit par voie de rachats en bourse, ou de gré à gré. En cas de tirage au sort, la société fera coïncider les remboursements avec l'échéance d'un des coupons semestriels.

Société méridionale de Transport de Force. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, cette société, dont le siège est à Carcassonne, 2, avenue Arthur-Mullot, va procéder à l'émission de 6000 bons décennaux de 500 fr au taux d'intérêt de 7,50 pour 100 l'an, net d'impôts, sauf celui de transmission, payable par semestre les 30 juin et 31 décembre de chaque année.

Ces bons seront émis au prix de 460 fr.

Ils seront amortissables au plus tard à l'expiration de la dixième année, avec faculté pour la société d'en opérer à toute époque le remboursement au pair par voie de tirage. La société pourra aussi les racheter en bourse à son gré, à l'amiable ou autrement.

Ils sont garantis par tout l'actif de la société.

Compagnie bourguignonne de transport d'Énergie. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1926, premier exercice social, qui se solde par un bénéfice de 305758 fr. Cette somme a été reportée à nouveau.

Compagnie Fasi d'Électricité. — L'assemblée ordinaire tenue le 30 juin 1927 a approuvé les comptes de l'exercice 1926 se soldant par un bénéfice net de 1096820 fr qui avec le report de l'exercice précédent donne un solde disponible de 1166965 fr.

Après affectation d'une somme de 500000 fr au fonds de prévoyance, le dividende brut a été fixé à 45 fr par action et 15 fr par part.

Société d'Électricité du Littoral normand. — L'assemblée ordinaire, tenue le 29 juin 1927, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 qui se soldent par un bénéfice net de 42501 fr. L'assemblée a décidé de reporter cette somme à nouveau.

Centrale électrique de Saint-Mard-sous-Dammartin. — L'assemblée ordinaire, tenue le 23 juin 1927, a approuvé les comptes de l'exercice 1926 qui se soldent par un bénéfice net de 67103 fr. L'assemblée a voté la distribution d'un dividende de 30 fr net par action et déeidé de reporter à nouveau la somme de 3194 fr.

Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'Usines à gaz. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 11 juillet 1927, cette société, dont le siège est à Montrouge, 12, place des Etats-Unis, va augmenter son capital d'une somme de 10 millions de francs pour le porter à 60 millions de francs par l'émission au pair de 80000 actions nouvelles de 125 fr chacune, dont la souscription et la transmission seront soumises à l'agrément du conseil d'administration.

Les actions nouvelles dites actions P se distingueront des actions anciennes dites actions O par les différences suivantes :

1° Les actions de la catégorie P seront obligatoirement nominatives et ne pourront être cédées qu'avec l'agrément du conseil d'administration, dans les conditions prévues par l'article 15 des statuts, tel qu'il sera modifié ci-après, alors que les actions de la catégorie O continueront à pouvoir être au porteur ou nominatives, au choix de l'actionnaire, et à se transmettre librement en forme ordinaire;

2° Les actions P donneront droit, dans les assemblées générales, à 5 voix par action, alors que les actions de la catégorie O n'auront droit qu'à une voix par action;

3° Chaque action P aura droit dans les bénéfices annuels à une part égale au cinquième de celle qui sera attribuée à chaque action de la catégorie O. De plus, en cas de liquidation de la société, l'actif net servira d'abord à rembourser à toutes les actions sans distinction de catégorie le capital dont elles seront libérées et non amorties, et le surplus sera réparti entre les actions P et les actions O, de manière que chaque action P reçoive, dans le partage de ce surplus de liquidation, un cinquième de l'attribution faite au même titre à chaque action de la catégorie O.

Digitized by Google

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

N° 849 SUPPLÉMENT 10 Novembre 1927.

CHRONIQUE DES INSTALLATIONS

Réseaux ruraux. — Nous apprenons que des conférences ont été tenues entre les ingénieurs en chef du Contrôle des Distributions d'Energie électrique et du Génie rural au sujet de l'établissement de réseaux ruraux de distribution d'énergie électrique dans les communes suivantes :

Alpes (Hautes-). — Saint-Firmin, Chauffayer, Glaizil, Asprez-les-Corps, Saint-Jacques, Saint-Maurice, Viller-Loubière, Guillaume-Peyrouse, Clémence-d'Ambel, Ancelle, Saint-Léger, Chabottes, Chabottonnes, Forest-Saint-Julien, Saint-Julien-Champsaur, Buissard, Saint-Michel-de-Chaillol, Bénévent, Charbillac, Les Infournas, La-Motte-en-Champsaur, Saint-Eusèbe, Les Costes, La Fare et Laye.

Seine-et-Marne. — Saint-Thibault-des-Vignes.

Vendée. — Saint-Denis-du-Payré, Yrues, L'Aiguillon-sur-Mer.

Lignes électriques. — *Gironde.* — La Société Energie électrique du Sud-Ouest, à Paris, 5, avenue du Coq, vient d'obtenir l'autorisation d'établir :

1° Une dérivation aérienne à 15000 v, destinée à alimenter le secteur du quartier de Breillan (commune de Blanquefort);

2° De modifier, sur le territoire de la commune de Saint-Médard-d'Eyrans, au lieudit « La Prade », la ligne à haute tension dite « dérivation primaire de la Brède ».

La Société Secteur électrique du Nord de la France a obtenu l'autorisation d'établir une ligne de transmission d'énergie électrique à 5000 v destinée à alimenter le réseau du village de La Gache (commune de Saint-Christoly-en-Blaye).

Seine-et-Oise. — La Compagnie d'Electricité de l'Ouest Parisien (Ouest-Lumière), à Puteaux, 3, quai National, a obtenu l'autorisation d'établir : 1° une canalisation aérienne d'énergie électrique à haute tension à Garancières et Flexanville.

2° Une canalisation souterraine d'énergie électrique à haute tension de Carrières-sur-Seine à Houilles.

3° Une canalisation aérienne d'énergie électrique à haute tension à la traversée de la Seine, sur les emprises du chemin de fer aux abords du pont des Anglais à Nanterre (Seine) et à Bezons (Seine-et-Oise).

La Société Nord-Lumière (Le Triphasé), 4, rue de Vienne, à Paris, a obtenu l'autorisation d'établir une canalisation aérienne à la tension de 15000 v, destinée à l'alimentation d'un nouveau poste de transformation dans la commune de Vernouillet.

Calvados. — La Société normande de Gaz, d'Electricité et d'Eau, dont le siège est à Touques, a obtenu la concession d'une ligne de distribution d'énergie électrique dans la commune de Trouville.

La même société a obtenu une concession de distribution d'énergie électrique dans la commune de Deauville.

Garonne (Haute-). — La Société pyrénéenne d'Energie électrique, à Paris, 14, rue Roquépine, a obtenu la concession et la déclaration d'utilité publique d'une ligne de transmission d'énergie électrique de Portet à Bracqueville.

Chute de Kembs sur le Rhin. — « Viennent d'être déclarés urgents les travaux d'aménagement de la chute de Kembs (Haut-Rhin) sur le Rhin, autorisés, déclarés d'utilité publique et concédés à la Société des Forces motrices du Haut-Rhin par la loi du 28 juillet 1927. ».

Installations d'usines. — Le ministre des Travaux Publics vient d'approuver la convention en date du 14 janvier 1927 passée entre le ministre des Travaux publics, d'une part, et M. Mons, propriétaire à Saint-Privat (Corrèze), d'autre part, ainsi que le cahier des charges imposé à ce dernier pour l'établissement et l'exploitation des ouvrages hydrauliques et de l'usine génératrice destinés à l'utilisation de la chute d'environ 275 m (en eaux moyennes) entre les abords du lieudit « Feix », sur la rivière de la Glane et la Dordogne, supposée relevée aux abords de la cote 221 par un barrage qui serait établi à Grafeuilles, près Saint-Martial-Entraigues.

La concession intéresse ainsi les communes de Servières-le-Château, Saint-Privat, Darazac et Saint-Martin-la-Méanne, département de la Corèze.

La puissance maximum brute de la chute concédée est évaluée à 6000 kw, ce qui correspond, compte tenu du rendement normal des appareils d'utilisation, à une puissance disponible de 4200 kw.

La puissance normale brute est évaluée à 1750 kw, ce qui correspond de même à une puissance normale disponible de 1250 kw.

L'entreprise a pour objet principal la fourniture de force motrice à des industries locales et, éventuellement, la vente d'énergie au public.

Le barrage ou la prise d'eau sera placé aux abords du lieudit « Feix ».

Le niveau normal de la retenue sera à la cote de 494 m.

Le débit maximum emprunté sera de 2500 m³ : sec.

Le débit maintenu dans la rivière en aval de la prise d'eau ne devra pas être inférieur à 10 l : sec.

Les eaux seront restituées dans la Dordogne en amont de son confluent avec la Glane.

Le barrage aura une hauteur de 18 m environ, le canal de dérivation établi en charge, partira directement de la retenue et franchira en souterrain, sous le hameau de la Bourgeade, l'éperon qui sépare la vallée de la Glane et celle de la Dordogne, il aboutira à une conduite forcée unique, laquelle aboutira elle-même à l'usine génératrice située en bordure de la Dordogne supposée relevée aux abords de la cote 221 m par le barrage envisagé au droit de Grafeuilles.

Digitized by Google

Usine de Lescure sur le Jaoul (Aveyron). — Le ministère des Travaux Publics a également approuvé le cahier des charges imposé à la Société d'Electrification de Lescure-Jaou (2, boulevard de Guizard à Rodez), relativement à l'établissement et l'exploitation des ouvrages hydrauliques et de l'usine génératrice destinés à l'utilisation de la chute d'environ 90 m (en eaux moyennes) existant entre le Pont Neuf du chemin intercommunal n° 71, de Lescure à Cadoulette à l'amont et le ravin de Cadoule à l'aval, sur le ruisseau du Jaoul, affluent de rive droite du Viaur, et de la chute d'environ 15 m existant entre Cassan et Jaoul sur le ruisseau de Marsal, affluent de rive droite du Jaoul, commune de Lescure, département de l'Aveyron.

La puissance maximum brute de la chute concédée est évaluée à 710 kw, ce qui correspond, compte tenu du rendement normal des appareils d'utilisation, à une puissance disponible de 420 kw.

La puissance normale brute est évaluée à 485 kw, ce qui correspond de même à une puissance normale disponible de 307 kw.

L'entreprise a pour objet principal l'alimentation en énergie électrique du réseau de distribution d'énergie électrique exploité par la société concessionnaire dans le département de l'Aveyron et, accessoirement, la fourniture d'énergie électrique à des services publics et au public.

Le barrage sur le Jaoul sera placé à 56 m en amont du moulin de Parayre haut et celui sur le ruisseau de Marsal, aux abords de Cassan. Le niveau normal de la retenue sera à la cote de 427,50 m sur le Jaoul et sur le ruisseau de Marsal.

Le débit maximum emprunté sera de 800 l : sec, dont 700 l : sec sur le Jaoul et 100 l : sec sur le ruisseau de Marsal.

Le débit maintenu dans la rivière en aval de la prise d'eau ne devra pas être inférieur à 10 l : sec. Il ne sera rien laissé dans le ruisseau de Marsal.

Les eaux seront restituées immédiatement en amont du débouché du ravin de Cadoulle.

Le barrage sur le Jaoul sera constitué par un seuil fixe arasé à la cote 426,40 m et surmonté de clapets mobiles permettant de porter le niveau de retenue à 427,50 m. Une passerelle de manœuvre et une vanne de désengravement y seront disposées.

La conduite forcée de 0,70 m de diamètre intérieur partira immédiatement du barrage sur la rive droite. Elle recevra sur son trajet les eaux du ruisseau de Marsal captées à la même cote que sur le Jaoul et sera munie, à 380 m de l'usine, d'une cheminée d'équilibre constituée par un tuyau de même diamètre.

Le bâtiment d'usine comportera, en plus de la salle des machines et des départs, un atelier de réparations et les locaux destinés au personnel. L'équipement sera constitué par deux groupes turboalternateurs de 500 kvA- chacun. Le eaux seront restituées à la rivière par un canal de fuite de 30 m environ de longueur.

CHRONIQUE FINANCIÈRE

L'Energie industrielle. — Une assemblée extraordinaire, tenue récemment, a approuvé définitivement les apports faits à titre de fusion par : l'Omnium français d'Electricité; l'Energie électrique de la Manche; la Société électrique de Broons; la Société électrique de Louvigné-du-Désert; la Société électrique du Bain-de-Bretagne; la Société électrique du Grand-Fougeray; la Société électrique de Chailly-Barbizon.

Elle a, en outre, régularisé l'augmentation du capital en résultant. Celui-ci se trouve donc définitivement porté de 104 à 105 millions de francs.

Ateliers Da et Duthil. — Adoptant cette dénomination, la société en nom collectif Da et Duthil, qui a pour objet la fabrication et la vente de tous appareils de mesures électriques et de tous appareils se rattachant aux industries électriques, vient d'être transformée en société à responsabilité limitée. Le siège reste fixé à Paris, 81, rue Saint-Maur. Le capital est de 600 000 fr, divisé en 600 parts de 1000 fr chacune.

Le Crédit électrique. — Sous cette dénomination vient d'être constituée une société anonyme dont le siège a été fixé 59, avenue de Friedland, à Paris.

Elle a pour objet l'achat et la vente, soit au comptant, soit à terme et par abonnements, de tous appareils utilisant ou produisant le courant électrique, ainsi que de tous matériel et approvisionnements destinés à la construction, l'entretien et l'exploitation de toutes chutes d'eau, usines, réseaux ou lignes de transmission d'énergie électrique.

Le capital est de 6 millions de francs, en actions de 500 fr chacune, sur lesquelles 1000 ont été allouées à la Compagnie française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston, à Paris, 173, boulevard Haussmann, et 1000 à la Société financière électrique, à Paris, 39, avenue de Friedland; les 10000 actions restantes ont été souscrites en numéraire.

Caisse béarnaise auxiliaire d'Electrification. — Cette société anonyme en formation a pour objet d'assurer la construction de réseaux de distribution d'énergie électrique dans diverses communes des Basses-Pyrénées.

Le siège social est à Pau. Le capital est de 10 280 000 fr en actions de 250 fr chacune.

Caisse centrale de la Radiophonie française. — Nouvellement constituée, cette société anonyme a pour objet de favoriser le développement et l'amélioration de la radiophonie en général et de la radiodiffusion en particulier; de promouvoir et de coordonner, à cet effet, l'effort des industriels et commerçants s'occupant de l'industrie radioélectrique, en leur donnant, comme intermédire, son concours le plus étendu, de même qu'aux groupements et sociétés de radiodiffusion.

Le siège a été fixé à Paris, provisoirement, 25, boulevard Malesherbes. Le capital est de 32 500 fr, en actions de 100 fr. toutes souscrites en numéraire.

Société d'Electrométallurgie de Dives. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 8 août 1927, page 725, cette société, dont le siège est à Paris, 11 *bis*, rue Roquépine, va procéder à l'émission de 10 000 actions nouvelles de 500 fr. chacune.

Société anonyme pour l'Équipement électrique des Véhicules. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 8 août 1927, cette société, dont le siège est à Issy (Seine), 26, rue Guynemer, va procéder à l'émission de 8000 bons à 7 pour 100, de 500 fr chacun, productifs d'un intérêt annuel de 35 fr, payable les 15 février et 15 août de chaque année, avec jouissance du 15 août 1927. La Société prend à sa charge tous impôts français présents et futurs, établis ou retenus sur les coupons, sauf la taxe de transmis-

Digitized by Google

sion sur les titres au porteur. Ces bons sont remboursables au pair, au plus tard le 15 août 1957 ; la société se réserve le droit de les racheter à toute époque et, à partir du 15 août 1932, elle se réserve aussi le droit de les rembourser au pair, en totalité ou en partie, à chaque échéance de coupons, par voie de tirages au sort et moyennant un préavis de trois mois. La société s'oblige, pour toute la durée de cet emprunt, à ne pas consentir de garantie hypothécaire au profit de nouveaux créanciers sans en faire bénéficier *pari passu* les 8000 bons susindiqués. Les porteurs de ces 8000 bons feront partie de plein droit d'une société civile dont les statuts sont déposés chez Me Jacques Baudrier, notaire à Paris. Un extrait des statuts figurera au dos des titres.

Etablissements H. Martiny et Cie. — Telle est la nouvelle dénomination adoptée par la société en nom collectif et en commandite simple, le Matériel électrique de Marine, H. Martiny et Cie, à la suite de sa transformation en société à responsabilité limitée. Elle continue à avoir pour objet la construction et la vente du matériel électrique et plus spécialement de matériel électrique destiné à la marine. Le siège est à Marseille, 44, rue Lautard. Le capital est de 800 000 fr divisé en 80 parts de 10 000 fr.

Compagnie électrique de Franche-Comté. — Les bénéfices de l'exercice 1926 se sont élevés à 617 890 fr contre 487 980 fr pour l'exercice précédent. Le dividende a été fixé à 8 pour 100.

Société des Etablissements Constable. — Récemment constituée, cette société anonyme a pour objet la fabrication, l'achat, la vente, la location de tous appareils électriques tels que : appareils de télégraphie avec ou sans fil, téléphonie, télévision, machines parlantes, etc. Le siège est à Paris, 69, rue de Monceau. Le capital est de 500 000 fr, divisé en 5000 actions de 500 fr, dénommées actions A ; il pourra ultérieurement être porté à 2 500 000 fr au moyen de l'émission de 20 000 actions B.

Le Condensateur téléphonique. — L'objet de cette société nouvelle à responsabilité limitée est la mise en valeur d'un appareil radioélectrique. Le siège est à Paris, 21, rue Clauzel. Le capital est de 150 000 fr, en 300 parts de 500 fr. M. Joseph Lecompte, à Paris, 21, rue Clauzel, a été nommé gérant.

Société des Téléphones Grammont. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, cette société dont le siège est à Paris, 10, rue d'Uzès, va procéder à l'émission, au prix de 457,50 fr l'un, de 20 000 bons décennaux de 500 fr de valeur nominale, représentant un capital de 10 millions de francs. Lesdits bons décennaux sont payables en souscrivant. Ils produisent un intérêt annuel de 6,5 pour 100 payable par semestre, les 15 mars et 15 septembre de chaque année, le premier coupon étant celui du 15 mars 1928. Ils sont remboursables dans un délai de huit années à compter du 15 mars 1930, soit au pair par voie de tirages au sort, si le cours en bourse est égal ou supérieur au nominal, soit par rachats en bourse ou à l'amiable, si le cours est inférieur au pair, ou encore par ces deux modes combinés. Le premier remboursement aura lieu le 15 mars 1930 et les autres remboursements le 15 mars de chacune des années suivantes, selon un tableau d'amortissement et dans les conditions établies dans ladite délibération.

Les tirages seront effectués, s'il y a lieu, le 15 février de chaque année et pour la première fois le 15 février 1930.

La société se réserve le droit de procéder à partir de la fin de l'année 1930 à des remboursements anticipés, pour la totalité ou pour partie desdits bons, soit au pair, lors de chaque échéance de coupons, par voie de tirages au sort supplémentaires et moyennant un préavis de trois mois, soit à toute époque, par rachats en bourse au-dessous du pair compte tenu de la fraction courue du coupon.

Société d'Appareillages électriques de Gennevilliers. — Sous cette dénomination, vient d'être constituée une société anonyme dont le siège a été fixé à Gnnevilliers (Seine), rue du Moulin-de-la-Tour.

Elle a pour objet d'effectuer toutes entreprises et opérations concernant l'électricité et la mécanique et, plus spécialement, la fabrication, la vente, l'achat, la revente, l'échange, la location, la réparation, la transformation et l'installation de tous appareils, dispositifs et appareillages électriques, notamment de ceux pouvant concerner la locomotion automobile, l'aviation et l'aéronautique.

Le capital est de 600 000 fr en actions de 100 fr, toutes souscrites en numéraire ; il pourra être porté à 1 600 000 fr. Il a été créé, en outre, 1000 parts bénéficiaires sur lesquelles 400 ont été attribuées à la Société anonyme des anciens Etablissements Chenard et Walcker, à Gennevilliers, rue du Moulin-de-la-Tour.

G. Le Marchand et E. Talbot. — Récemment formée entre MM. Gustave Le Marchand, au Havre, rue Frédérick-Lemaître, 48, et Emilien Talbot, au Havre, rue Frédérick-Lemaître, 25, cette société à responsabilité limitée a pour objet l'exploitation et l'administration d'un fonds de commerce d'électricité ou de toutes entreprises similaires.

Le siège est au Havre, rue Frédérick-Lemaître, 48. Le capital est de 100 000 fr.

Etablissements Lemaire. — En voie de formation, cette société anonyme aura pour objet la construction, l'achat, la vente et la représentation de matériel téléphonique, radiotéléphonique et radioélectrique. Le siège sera établi à Grenoble, 27, rue Irvoy. Le capital sera fixé à 300 000 fr en actions de 500 fr sur lesquelles 400 sont à souscrire en numéraire. Les 200 actions restantes seront attribuées en rémunération à l'apporteur-fondateur.

La société se réserve toutefois la faculté d'anticiper le remboursement en totalité ou en partie à partir du 1er novembre 1929 inclus, par tirages au sort supplémentaires, moyennant préavis de trois mois publié dans un journal d'annonces légales.

Les obligations ainsi amorties seront imputées sur le dernier tirage, puis sur l'avant-dernier et ainsi de suite, de façon à ne pas modifier l'ordre établi au tableau d'amortissement qui sera inscrit au dos des titres.

Le conseil municipal, dans sa séance du 23 août 1927, a décidé de porter au budget les annuités nécessaires au service complet des nouvelles obligations. Cette décision a reçu l'approbation préfectorale en date du 25 août 1927.

Ce placement est fait dans les conditions de l'article 3 de l'avenant relatif à l'éclairage public de la commune de Marseille, annexé au traité de concession du 10 avril 1925, lequel stipule notamment que « dans le cas où la concession prendrait fin pour quelque cause que ce soit, avant le payement de toutes les annuités ci-dessus, la ville devra verser au concessionnaire une somme égale à la valeur des annuités restant à courir le jour où la concession aurait pris fin ».

Le taxiphone. Compagnie pour l'Exploitation en France des Téléphones automatiques. — Une assemblée extraordinaire, tenue récemment, a régularisé l'augmentation du capital, porté de 2 400 000 fr à 3 500 000 fr par l'émission de 1 100 actions de 100 fr.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

Modes spéciaux de traction électrique à courant continu, par L. Barbillion. — Un vol. 16 cm × 26 cm, 120 pages. — Prix : 10 fr. — *Albin Michel*, éditeur.

La bibliothèque de l'ingénieur-mécanicien-électricien, publiée sous la haute et intelligente direction de M. Barbillion, vient de s'enrichir de quatre nouveaux volumes dont celui-ci relatif à la traction électrique par courant continu. Ce livre, qui est le complément de l'ouvrage principal sur la traction électrique de M. Barbillion, contient des solutions originales et particulières de traction électrique. Il a fallu choisir parmi d'innombrables documents dont le tri constituait déjà une opération difficile, plusieurs sortes de problèmes : d'abord celui de la *traction électrique par accumulateurs*, soit qu'elle s'applique aux services secondaires des grands réseaux, soit qu'elle concerne des véhicules sans rails effectuant des parcours limités. Ensuite l'auteur examine la traction par le système *thermo-électrique*, c'est-à-dire par moteur à explosion ou à combustion entraînant une dynamo qui envoie du courant à des moteurs actionnant les roues.

Cette solution qui s'est affirmée comme heureuse sur les locomotives ou voitures automotrices des chemins de fer à faible trafic tend maintenant à être utilisée en Amérique malgré la répugnance manifestée au début.

Édité avec soin ce livre forme le complément de toute bibliothèque et sera lu avec facilité par tous ceux que la traction électrique intéresse.

La mesure des débits et l'aménagement des usines hydrauliques, par G. Montagné, préface de M. Barbillion. — Un vol. 16 cm × 26 cm, 200 pages. — Prix : 20 fr. — *Albin Michel*, éditeur.

Tout le monde sait l'espoir que l'on fonde en France avec l'utilisation de cette fameuse *houille blanche* qui, au début, paraissait ne rien coûter et qui finalement demande à être aménagée avec soin. Or il ne faut pas perdre de vue que nombreuses ont été les déceptions en matière de débit des chutes au cours des vingt premières années du règne de la houille blanche, les méthodes d'évaluation des débits étaient presque inexistantes ou si peu approchées que l'on commettait des erreurs allant parfois du simple au double. Un effort immense a été fait pour apporter plus de précision dans cette évaluation et c'est l'ensemble de ces travaux que l'on trouve dans le livre de M. Montagné.

Notons que ce sont surtout des méthodes pratiques, résultat de longues expériences personnelles que l'auteur décrit dans son ouvrage et dont il fait bénéficier le lecteur. Contenant de nombreuses courbes et figures, cet ouvrage, dont le caractère pratique n'échappera à personne, est appelé à rendre service à tout ingénieur que la houille blanche préoccupe.

Introduction à l'étude de la Physique théorique, par René Fortrat. — Deux vol. 14 cm × 22 cm, 150 et 160 pages. — Prix : 10 fr par volume. — *Librairie Scientifique J. Hermann*.

Cet ouvrage qui se décompense en deux fascicules : *a*) mécanique, *b*) vibrations, étudie dans son premier volume les mouvements et les déformations des corps dans leurs relations avec les causes qui les produisent. On y trouve définies la masse et la force, puis par l'étude de la cinématique, de la dynamique et de l'hydrostatique l'auteur arrive à la théorie des tourbillons.

Dans le deuxième volume l'auteur entre dans le vif du sujet avec l'étude des vibrations, la résonance, la propagation de l'énergie vibratoire, le son et la lumière complètent cet ouvrage. Il n'est pas besoin de recommander ces ouvrages dont la librairie Hermann s'est créé une spécialité, qui constituent la base de la physique moderne.

Digitized by Google

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

N° 850 SUPPLÉMENT 25 Novembre 1927.

RENSEIGNEMENTS DIVERS

Les réseaux ruraux. — Dans la nouvelle revue *Fil et sans fil*, M. Ach. Delamarre a publié un article fort intéressant sur *Quelques erreurs à ne pas commettre dans la construction des réseaux ruraux* dont nous donnerons un extrait. Il est en effet regrettable de constater que tandis que les réseaux ruraux se multiplient on constate soit une recrudescence d'accidents, soit un peu partout des recettes déficitaires et finalement on remarque que la plupart de ces réseaux pèchent par la base qui est un manque presque absolu de technique dans leur installation.

« Lorsqu'au lendemain de la guerre on s'aperçut de la nécessité de répandre l'électricité dans toutes nos campagnes et que l'on comprit tous les bénéfices qu'on en pouvait tirer, les profanes ou les politiciens — ce qui revient au même — furent pris d'un fol enthousiasme : ils voulaient que l'opération fût entreprise sans tarder et terminée en deux ou trois ans. Le formidable capital qu'il fallait investir, l'organisation financière à prévoir, les difficultés techniques à résoudre ne les arrêtaient pas, pour la bonne raison qu'ils étaient incapables de les soupçonner. Les ministères intéressés surent calmer les impatiences, les impossibilités matérielles firent le reste.

« Ce fut heureux, car les inévitables fautes du début, déjà trop nombreuses, ont pu ainsi être limitées, alors qu'autrement elles eussent été multipliées. Quelles catastrophes n'avons-nous pas ainsi évitées?

« Malgré cela, l'expérience, pourtant chèrement acquise quelquefois, n'a pas profité à tous et, à l'heure actuelle, on voit encore commettre des fautes impardonnables sur lesquelles il faut appeler l'attention et la vigilance de tous.

Un réseau rural doit être solidement établi. — « Au début de l'électrification rurale, nos grandes sociétés de distribution restèrent à l'écart, se désintéressant complètement de la question : les ingénieurs-conseils qui furent les animateurs et qui créèrent les premières coopératives d'électricité, manquaient d'expériences : les ingénieurs du Génie Rural qui vinrent ensuite constituaient un corps trop jeune, sans doctrine, et qui avait encore tout à apprendre de cette science délicate et complexe que constitue l'exploitation d'un secteur.

« C'était l'époque où, partant de ce principe qu'un réseau rural ne pouvait jamais avoir qu'un très faible rendement, on en déduisait qu'il fallait réduire au minimum ses frais de premier établissement, c'est-à-dire de construction. Raisonnement faux et néfaste comme nous le verrons tout à l'heure.

« C'était aussi le temps où l'on disait à l'ingénieur-conseil : « Nous disposons de 1 500 000 fr pour faire toutes les lignes de notre coopérative qui groupe 25 communes ; nous ne pouvons trouver plus ; arrangez-vous avec cela ! » Et l'on s'arrangeait, selon une expression de mon terroir « en faisant avec ce que l'on avait » ; ça n'était pas brillant en général. Je sais des réseaux de ce genre qu'il faudra refaire entièrement d'ici quelques années ; ce sera alors la faillite.

« Des esprits pondérés, des gens expérimentés, criaient bien casse-cou ; on ne les entendait pas et il fallut le Congrès d'Electrification Rurale de Lyon pour que, des discussions poussées souvent très à fond auxquelles donna lieu l'étude de toutes les questions d'importance primordiale, jaillissent des directives qui devaient guider les animateurs dans une voie plus rationnelle.

Les lignes d'un réseau rural doivent être particulièrement soignées. — « C'est incontestablement sur la construction du réseau, qui constitue, il est vrai, la plus grosse dépense, qu'on a, au début, cherché à réaliser les plus grandes économies.

« On a évidemment, pour cela, adopté exclusivement le poteau en bois directement implanté dans le sol, injecté sommairement, et ayant des dimensions aussi faibles que possible.

« Ce fut une faute impardonnable, car le poteau ordinaire, en bois, est hors d'usage, au bout d'une dizaine d'années et quelquefois moins ; son remplacement est coûteux et nécessite l'arrêt du service. Il suffit de réfléchir à ce que sera un réseau, même ne comportant qu'une centaine de kilomètres de ligne haute tension, ce qui représente 3000 poteaux et plus, quand on sera arrivé à la période de remplacement. Tous les jours il faudra priver les abonnés de courant pour faire les réparations nécessaires et l'exploitation deviendra impossible. Je sais qu'on y peut pallier, mal, mais dans une certaine mesure cependant, en utilisant les pieds de poteau en ciment armé. Mais ceux-ci coûtent très cher et finalement la ligne avec pieds de poteau en ciment armé revient aussi cher, quoique présentant une sécurité plus faible, qu'une ligne entièrement faite sur poteaux en ciment.

« Il faut établir les lignes de nos réseaux sur des supports donnant toutes garanties de durée : poteaux injectés à cœur à la créosote dont il existe des milliers en France, en service depuis plus de 25 ans, poteaux en ciment armé que l'on sait aujourd'hui établir dans d'excellentes conditions de prix, poteaux en fer, pylônes métalliques, etc.

« On ne doit pas oublier qu'un réseau rural étant toujours très étendu, il importe d'avoir des lignes à l'abri de tout accident, car la surveillance représente de nombreux kilomètres d'auto qui coûtent cher. D'autre part, les frais d'entretien d'une ligne « camelottée » dépassent de beaucoup l'intérêt de la somme supplémentaire qu'il aurait fallu dépenser pour avoir une ligne sérieusement établie.

« A l'heure actuelle, c'est folie que de construire les grandes artères sur des poteaux en bois ordinaire ; tout au plus ceux-ci peuvent-ils être réservés à des dérivations courtes alimentant un ou deux villages ou quelques fermes isolées. On fait des poteaux en ciment dits « centrifugés » facilement

Digitized by Google

transportables, permettant de grandes portées et avec lesquels le kilomètre de ligne ne coûte pas beaucoup plus cher qu'avec des poteaux en bois. Leur durée est indéfinie ; les frais d'entretien sont presque nuls, les interruptions de service très rares.

Les postes de transformation doivent être bien protégés. — « Les premiers postes ruraux — toujours par raison d'économie — étaient du type aérien et montés sur deux poteaux en bois. Pour remplacer un poteau il faudra démonter le poste tout entier.

« L'appareillage était réduit à sa plus simple expression : des sectionneurs pour couper le courant, des réactances de 8 à 10 cm de diamètre ayant à peu près autant d'efficacité qu'un simple boudin de sonnerie, c'est-à-dire : zéro, et des coupe-circuits.

« Ce n'est pas que je regrette les parafoudres à cornes, que j'estime être un engin de protection barbare parce qu'il crée de violentes surtensions dans le réseau quand il amorce, et inutile parce que la plupart du temps les agents d'exploitation en écartent suffisamment les cornes pour qu'il ne fonctionne pas. J'ai été l'un de ceux qui lui ont donné le coup de grâce et je ne déplorerai pas sa disparition.

« Mais, par contre, il est nécessaire de protéger les transformateurs par des selfs sérieuses ; ce n'est pas une grosse dépense et cela coûte moins cher, en tout cas, qu'un transformateur « grillé ». Or, même à l'heure actuelle, ce côté de la question reste souvent très négligé.

« Enfin, un poste de transformation, même rural, doit être établi pour durer presque éternellement. Si l'on tient à conserver le type aérien, évidemment plus économique, il faut le monter sur poteaux en ciment ou sur pylône métallique.

« Cependant, on devrait toujours donner la préférence aux modèles dans lesquels le transformateur est non plus placé à 6 m ou plus du sol, mais, au contraire, posé sur le sol ; la manutention et le changement en sont ainsi grandement facilités. On construit, dans cet ordre d'idées, des pylônes en treillis dont la base est fermée par des tôles formant cabine étanche et dont le prix est sensiblement moins élevé que celui de cabines en maçonnerie.

Conclusions. — « Il faut s'acheminer résolument, pour nos réseaux ruraux, vers une construction robuste capable de résister aux assauts du temps.

« On doit toujours se rappeler qu'ici, plus que jamais, le vieux proverbe reste vrai : « On n'en a que pour son argent ».

« On se souviendra enfin que les plus grosses charges de l'exploitation d'un secteur sont constituées moins par son capital investi que par ses frais d'entretien ; car ces frais comprennent non seulement le matériel de remplacement et la main-d'œuvre absorbée pour ce remplacement, mais aussi des déplacements onéreux en auto, des interruptions incessantes de service qui indisposent les abonnés et nuisent au développement de l'affaire et enfin des pertes de vente de courant.

« Il suffit d'ailleurs de voir les résultats d'exploitation de secteurs construits légèrement, et qui marchent à peu près parce qu'ils sont neufs et ne sont pas encore arrivés au stade des grosses réparations, avec ceux de secteurs établis solidement, suivant des données plus rationnelles, pour être immédiatement convaincu.

« Félicitons-nous donc qu'on ne soit pas allé trop vite dans la réalisation du vaste programme d'électrification de la France. Parmi les choses qu'il est avantageux de ne pas faire en série, il y a surtout : les bêtises ! »

Ach. DELAMARRE.

Voilà bien des vérités qui mériteraient d'être connues, car elles éviteraient bien des mécomptes.

CHRONIQUE FINANCIÈRE

Etablissements Saradio. — L'objet de cette nouvelle société à responsabilité limitée est la fabrication et la vente d'appareils de réception et d'alimentation pour la radiophonie. Le siège est à Lille, 39, rue de Gand. Le capital est de 100 000 fr, représenté par 100 parts de 1000 fr chacune.

Société électrique du Saulce. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, cette société dont le siège est à Le Saulce, commune d'Escolives (Yonne), va procéder à l'émission de 1000 obligations de 500 fr chacune, rapportant un intérêt annuel de 7 pour 100, remboursables en vingt-cinq années à partir du 31 juillet 1932.

Compagnie française des Tramways du Donai. — L'exercice 1926 se solde par un bénéfice de 144 756 fr, qui a permis de proposer à l'assemblée du 29 septembre 1927, un dividende de 5,5 pour 100.

L'Electricité de Marseille. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, cette société, dont le siège est à Paris, 54, rue La Boétie, va procéder à l'émission de 17 000 obligations à 8 pour 100, d'une valeur nominale de 500 fr. net de tous impôts français présents et futurs, sauf les droits de transmission, de transfert et de conversion. Ces obligations sont identiques au 40 000 obligations émises en 1926. Elles sont remboursables au pair par tirages au sort annuels en 19 années, le premier remboursement devant avoir lieu le 1er novembre 1928.

Société d'Electricité de Paris. — L'assemblée ordinaire de cette société qui a eu lieu le 20 septembre 1927 a approuvé les rapports et les comptes de l'exercice clos le 30 juin 1927, se soldant par un bénéfice net de 9 891 525 fr dont la répartition ci-après a été décidée : premier dividende de 10 fr par action, 1 000 000 fr ; tantièmes statutaires, 594 554 fr ; deuxième dividende de 60 fr par action, 6 000 000 fr ; dividende de 200 fr par part, 2 000 000 fr ; report à nouveau, 296 970 fr.

Le dividende brut, fixé à 70 fr par action et 200 fr par part, est mis en paiement depuis le 30 septembre à raison de net 57,40 fr par action nominative, 48,41 fr par action au porteur et 121,07 fr par part bénéficiaire.

Les ventes de l'exercice écoulé ont atteint 281 472 415 kw-h, accusant une progression de 13 pour 100 sur celles de l'exercice précédent. Pour les deux mois écoulés de l'exercice en cours, cette progression se poursuit.

Les bénéfices de l'exercice s'entendent après affectation de 6 millions de francs au fonds de renouvellement, 3 750 000 fr au fonds pour assurances et 5 millions au poste réserve pour éventualités.

Postérieurement à la clôture de l'exercice, la société a participé à l'augmentation de 60 à 190 millions de francs du capital de sa filiale la Société Électrique de la Seine.

Conctructions électriques de France. — Une assemblée extraordinaire a eu lieu le 20 septembre 1927 sous la présidence du général Anthoine. Elle a décidé de réduire le capi-

Digitized by Google

tal social de 50 à 20 millions de francs par abaissement de 250 à 100 fr de la valeur des actions. L'assemblée a également décidé : 1° de créer 20 000 parts bénéficiaires ayant droit à 20 pour 100 des dividendes supplémentaires à remettre aux actionnaires actuels à raison d'une part pour 10 actions; 2° de porter le capital ainsi réduit à 20 millions de francs à 67 500 000 fr par l'émission au pair, en numéraire, de 475 000 actions nouvelles de 100 fr, dont 427 500 actions A et 47 500 actions B. Les actionnaires anciens auront le droit de souscrire une action A nouvelle pour une action A ancienne et 2 375 actions B nouvelles par action B ancienne.

L'assemblée a, en outre, décidé d'apporter certaines modifications de détail aux statuts.

Société internationale d'Énergie hydro-électrique (Sidro). — Convoquée pour le 6 octobre 1927, l'assemblée ordinaire a examiné les comptes de l'exercice 1926-1927. Ceux-ci laissent apparaître, après affectation notamment d'une somme de 15 080 000 fr au fonds de prévision, un solde disponible de 44 475 393 fr contre 32 259 032 fr pour l'exercice précédent,

Les dividendes bruts proposés ont été de 50 fr aux actions privilégiées et ordinaires et de 182,80 fr aux parts de fondateur.

Electricité d'Alep, — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, cette société dont le siège est à Paris, 156, rue de l'Université, va procéder à l'émission d'un emprunt d'un montant nominal maximum de 15 000 000 fr, représenté par 30 000 obligations de 500 fr chacune.

Ces obligations rapporteront un intérêt annuel de 7 pour 100, soit 35 fr, payable par semestre, net de tous impôts présents et futurs, à l'exception de la taxe annuelle de transmission sur les titres au porteur, du droit de transfert sur les titres nominatifs et du droit de conversion du nominatif au porteur.

Elles seront amortissables en vingt-cinq ans au maximum, à partir de la première année, soit au pair, par voie de tirages au sort annuels, qui auront lieu conformément à un tableau d'amortissement inscrit au dos des titres, soit par voie de rachats en bourse au-dessous du pair, compte tenu de la fraction courue du coupon. Toutefois, à partir de la quatrième année, la société pourra amortir, par anticipation, tout ou partie des obligations restant en circulation par tirages au sort, moyennant un préavis de trois mois, ou par rachats au-dessous du pair, compte tenu de la fraction courue de coupon.

Les obligations amorties en excédent du chiffre prévu au tableau d'amortissement seront, dans tous les cas, imputées sur le dernier tirage, puis sur le précédent, et ainsi de suite, de façon à ne pas modifier l'ordre du tableau d'amortissement.

La société s'engage, jusqu'à complet remboursement de ses obligations, à ne consentir au profit des obligations ou bons qu'elle viendrait à émettre par la suite aucune hypothèque ou droit réel sur ses immeubles, sans en faire bénéficier *pari passu* les obligations faisant partie du présent emprunt.

Compagnie de Signaux et d'Entreprises électriques. — L'assemblée ordinaire, tenue récemment, a approuvé les comptes de l'exercice 1926-1927, se soldant, par un bénéfice net de 2 525 187 fr auquel vient s'ajouter le report de l'exercice antérieur, soit 178 572 fr. Ce bénéfice a été réparti comme il suit : réserve légale de 5 pour 100, 126 259 fr : dividende de 5 pour 100 au capital versé, 750 000 fr ; au conseil, 247 339 fr ; dividende supplémentaire de 10 fr brut par action aux 150 000 actions, 1 500 000 fr ; solde à reporter à nouveau, 79 961 fr.

Électricité et Tramways de Smyrne. — Convoquée pour le 28 septembre 1927, l'assemblée ordinaire a examiné les comptes de l'exercice clos le 31 mai 1927. Ceux-ci laissent apparaître, déduction faite des frais généraux et compte tenu du reliquat antérieur, un solde bénéficiaire net de 563 750 fr. contre 161 704 fr pour l'exercice 1925-1926. Le conseil a proposé de prélever sur ce bénéfice une somme de 559 369 fr en faveur des amortissements, le solde de 24 381 fr devant être reporté à nouveau.

Société de Production et de Distribution d'Energie. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, du 10 octobre 1927, page 920, cette société, dont le siège est à Paris, 96, rue de la Victoire, va procéder à l'émission de 1343 obligations de 500 fr, productives d'un intérêt au taux de 7 pour 100 net d'impôt sur le revenu (l'impôt de transmission et tous autres impôts à venir devant être à la charge des obligataires).

Ces obligations seront remboursables en vingt-cinq années, à partir de l'année 1929, soit au pair par tirages au sort annuels qui auront lieu au mois de janvier de chaque année et suivant le tableau d'amortissement imprimé au verso des titres, soit par rachat au gré de la société, sous réserve du droit pour celle-ci de procéder à tous moments, à partir de janvier 1929, à l'amortissement anticipé de tout ou partie de ces obligations.

Aucune garantie spéciale n'est affectée au service de ces obligations. Toutefois, la société s'oblige à ne consentir aucun privilège sous forme de garantie hypothécaire au profit des créanciers actuels ou futurs, soit de titres, bons ou obligations déjà émis ou qu'elle viendrait à émettre ultérieurement, sans que ces obligations soient appelées à jouir *pari passu* des mêmes privilèges.

Société des Accumulations électriques (Anciens Etablissements Alfred Dinin). — Les comptes de l'exercice 1926-1927 se soldent par un bénéfice brut de 7 816 813 fr contre 6 412 799 fr en 1925-1926. Le bénéfice net ressort à 6 475 745 fr contre 5 742 871 fr.

Déduction faite des amortissements et provisions et compte tenu du report bénéficiaire antérieur, soit 1 139 812 fr le solde distribuable s'élève à 5 598 479 fr.

Le Centre électrique. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, du 10 octobre 1927, page 918, cette société, dont le siège est à Paris, 83, avenue de la Grande-Armée, va procéder à l'émission de 26 000 obligations de 500 fr. chacune.

Ces obligations rapporteront un intérêt annuel de 7 pour 100, payable par semestre, nets de tous impôts présents et futurs, à l'exception de la taxe annuelle de transmission sur les titres au porteur et des droits de transfert et de conversion.

Elles seront amortissables en trente ans au maximum, à partir de la première année, soit par voie de tirages au sort annuels qui auront lieu conformément à un tableau d'amortissement inscrit au dos des titres, soit par voie de rachats en bourse au-dessous du pair, compte tenu de la fraction courue du coupon.

La société s'interdit de procéder avant le 1er janvier 1931 à l'amortissement par anticipation de tout ou partie des obligations en circulation; à partir de cette époque, elle aura la faculté d'amortir par anticipation tout ou partie des obligations en circulation, soit au pair lors de chaque échéance de coupons par voie de tirages au sort supplémentaires, moyennant un préavis de six mois, soit par voie de rachats en bourse au-dessous du pair, compte tenu de la fraction courue du coupon.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

Machinisme et automatisme, par P. Maurer. — Un volume 15 cm × 18 cm de 80 pages. — Prix : 12 fr. — *Gauthier-Villars*, éditeur.

A considérer le machinisme et l'automatisme, il apparaît bien que leur étude facile à saisir dans l'ensemble, ne se précise pas avec autant de commodité dans le détail. L'analyse et la synthèse du sujet imposent, en effet, à l'esprit deux bifurcations d'étude entre lesquelles il lui faut choisir, ce qui crée justement cette appréhension que nous signalions tout à l'heure.

Celle qui apparaît la plus simple est l'étude purement technique de la machine, depuis l'outil jusqu'à la machine automatique. Un ouvrage ainsi conçu ne pourrait se préciser que sous une forme descriptive, sans qu'il soit possible d'élaborer des règles sévères justement à cause de la diversité des buts des machines et des organes qui constituent ces dernières.

L'autre voie engloberait la généralité des phénomènes qui ont une influence sur le progrès mécanique. Elle permettrait ainsi de fixer les stades de développement et d'évolution de la machine, mais son caractère abstrait ne pourrait être considéré que comme une première esquisse, incapable d'offrir une solution adéquate aux différents problèmes envisagés.

Il semble alors que pour répondre aux différents désiderata, il soit nécessaire de rechercher une fusion de ces deux voies, fusion qui, en englobant à la fois le précis, le concret et l'asbtrait, contribuerait à fortifier les prémices d'une science généralisée des machines.

C'est dans ce but que le livre de M. Maurer a été divisé en deux parties :

Dans la première, la philosophie du machinisme et de l'automatisme, l'auteur a tenté, après avoir fixé l'évolution de l'outil vers la machine automatique, de montrer que cette évolution était liée à des lois naturelles immuables que la connaissance scientifique précise chaque jour.

Dans la seconde partie il a essayé de montrer que la science des machines pouvait prendre pour base d'étude, un seul élément, la fonction énergétique, dont les formes d'association pouvaient rendre compte de tous les types des machines qu'elles soient manuelles ou automatiques. Enfin, dans un dernier chapitre il a montré que la réalisation d'un automate, de plus en plus parfait, doué d'une vie de relation de plus en plus complète, c'est-à-dire en réalité d'une machine automatique à « multiples degrés de liberté », ne pouvait être qu'un enfantement de notre imagination créatrice.

Les Accumulateurs électriques, par M. A. Castex. — Un vol. 17 cm × 25 cm, 300 pages. — Prix : 36 fr. — *Albin-Michel*, éditeur.

Ce nouveau livre de la Bibliothèque de l'Ingénieur-Electricien-Mécanicien, publiée sous l'éminente direction de M. Barbillion, constitue une étude fort intéressante sur les accumulateurs électriques, appareils que les mauvaises langues appellent « le mal nécessaire ». Les accumulateurs électriques ont en effet en général une très mauvaise presse, cependant on est bien souvent injuste à leur égard, car c'est précisément parce qu'on ne les connaît pas assez que l'on ne sait pas s'en servir. A cet égard, le livre de M. Castex, comme beaucoup d'autres sur le même sujet, ne peut que faire du bien à la cause de l'accumulateur.

Il est un fait certain, c'est que les ingénieurs de la première heure connaissaient mieux les accumulateurs que les générations actuelles parce qu'aux temps héroïques de l'industrie électrique on employait partout des accumulateurs. Aujourd'hui les courants alternatifs prennent dans les cours et dans l'industrie une place prépondérante en sorte que l'accumulateur, sorte de parent pauvre, est un peu délaissé. Cependant de nombreuses applications nécessitent l'emploi des accumulateurs, et, en faisant revivre l'histoire, la théorie et les modes d'emploi des accumulateurs, l'ouvrage ci-dessus ne pourra que contribuer à la diffusion de ces modestes mais indispensables appareils.

La Perspective rapide dans le Dessin industriel (*Perspective cavalière, axonométrique et isométrique*), par L. Labalette. — Un vol. 22 cm × 27 cm, 102 pages. — Prix : 18 fr. — *Desforges, Girardot et Cie*, éditeurs.

Dans la fabrication des machines, la liaison entre les services de l'usine chargés de la conception et ceux qui sont chargés de l'exécution se fait au moyen du dessin industriel. C'est en réalité un ordre écrit et l'écriture en est ordinairement faite par une méthode basée sur les projections orthogonales. Ce moyen d'expression, d'une précision rigoureuse, a cependant l'inconvénient d'être de lecture difficile lorsqu'il s'agit de pièces aux formes compliquées. Et certains dessins se présentent comme une sorte de rébus aux ouvriers n'ayant pas reçu une formation intellectuelle et un entraînement suffisant.

Bien des hésitations, bien des erreurs d'interprétation, souvent onéreuses, disparaîtront si les ingénieurs, dessinateurs, chefs d'ateliers et contremaîtres connaissent parfaitement cette science graphique et expressive, cette écriture si lisible qu'est la perspective cavalière.

L'ouvrage signalé ci-dessus traite complètement cette représentation des objets qu'il présente d'une façon nouvelle se recommandant par sa simplicité. Laissant totalement de côté toute notion spéciale à la perspective ordinaire, elle rattache directement la perspective cavalière au dessin géométral.

Un texte sobre et précis, de nombreuses figures suffisamment grandes, en font un ouvrage pratique, remarquablement clair, pouvant être lu et compris sans difficulté par toute personne ayant des notions de dessin industriel.

Digitized by Google

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

N° 851 SUPPLÉMENT 10 Décembre 1927.

RENSEIGNEMENTS DIVERS

Les lampes à atmosphère conductrice. — L'industrie des lampes à incandescence a pris ces temps derniers un essort formidable tenant à ce que partout ces lampes trouvent leur emploi, or si l'on s'est surtout occupé de créer des foyers de plus en plus intenses, on paraît avoir négligé la lampe de très faible consommation à pouvoir éclairant modeste pouvant servir d'indication d'appel, ou de témoin de position d'interrupteurs, vannes, portes, etc.

Notre très ancien confrère *La Revue Industrielle* vient de donner, d'après *Electrical Review*, la description d'une lampe à ionisation pouvant remplir ce but.

Cette lampe consiste en deux électrodes en magnésium placées dans une ampoule renfermant un gaz rare, chacune d'elles étant reliée à l'un des pôles d'une distribution d'énergie à courant continu ou alternatif à travers une résistance ayant pour but d'éviter l'amorçage d'un arc entre les électrodes. Cette résistance est placée dans le culot de la lampe.

Lorsque le potentiel de l'électrode positive atteint une certaine valeur, le gaz environnant s'ionise et devient conducteur, tandis que l'électrode négative s'entoure d'une gaine lumineuse. Si la source de courant est continue, la gaine reste à l'électrode négative; si la source de courant est alternative, chacune des électrodes devient lumineuse. A la fréquence de 50 per : sec l'alternance est suffisamment rapide pour que la lumière paraisse uniforme et continue, mais à 25 per : sec la pulsation est parfaitement perceptible.

La G. E. C° a établi deux modèles de lampes basées sur ce principe. Le premier modèle comprend des lampes à ampoules sphériques avec culot à vis, dont la résistance est de 60 000 ohms; le second modèle comprend des lampes à ampoules cylindriques avec culot à baïonnette dont la résistance est de 100 000 ohms. Les principales caractéristiques de ces lampes sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

	AMPOULES rondes.	AMPOULES cylindriques.
Tension de fonctionnement en volts. . .	100 à 130	100 à 132
Intensité en amp.	0,0004	0,0002
Puissance en watt	1/20	1/40
Lumens	0,004	0,002
Rendement (lumens par watt)	0,1	0,1
Durée utile en heures.	2.000	2.000

Ces lampes fonctionnent aussi bien sur courant continu que sur courant alternatif; toutefois, dans le premier cas, il faut appliquer à ses bornes une tension 35 pour 100 plus élevée que dans le second cas pour atteindre la tension d'ionisation.

Contrairement aux lampes à incandescence ordinaires dont le pouvoir éclairant croît rapidement avec l'augmentation de la puissance dépensée, le pouvoir éclairant de ces lampes à atmosphère gazeuse est relativement insensible aux variations de la tension appliquée,

En principe la vie de ces lampes semble devoir être plus longue que celles des lampes à incandescence qui présentent un filament fragile; toutefois, les lampes à gaz n'ont pas une durée illimitée, car la paroi de l'ampoule s'obscurcit progressivement par un dépôt, provenant des électrodes.

L'usage de ces lampes peut être très étendu; on les emploie pour indiquer la position des interrupteurs dans les installations industrielles ou domestiques, comme lampes témoins pour indiquer la fermeture des circuits de chauffage électriques (fers à repasser, fourneaux, etc...); leur consommation est si faible qu'elles peuvent rester constamment allumées sans constituer une dépense importante.

On peut utiliser leur faible pouvoir éclairant pour illuminer dans l'obscurité de très petites surfaces, par exemple des cadrans de réveils, des enregistreurs d'automobiles ou d'avions, des plaques indicatrices de route, etc...

Enfin, elles trouvent des applications dans les laboratoires de physique en indiquant la polarité et la fréquence d'un courant (stroboscopie).

Un nouveau paquebot à propulsion électrique. — On vient de lancer aux chantiers de la Newport news Shipbuilding and dry Dock Company le paquebot « California » destiné à la ligne de New-York à San-Francisco.

Ainsi qu'il est d'usage de dire lorsqu'il s'agit de construction américaine, le « California » est le plus puissant navire à propulsion électrique existant dans le monde. Il convient toutefois d'ajouter qu'il ne conservera pas bien longtemps cette suprématie, car le Peninsular and oriental Company fait construire dans un chantier anglais un paquebot à propulsion électrique de plus grandes dimensions. Les dimensions du « California » sont néanmoins imposantes : 150 m de longueur et 20 m de largeur. Sa jauge brute est de 22 000 tonneaux, son déplacement de 31 000 t; sa vitesse sera de 18 nœuds à l'heure.

Le système de propulsion est analogue à celui employé sur quatre des plus grands navires de guerre des États-Unis. Il comprend deux groupes turbo-alternateurs ayant chacun une puissance de 5250 kw fournissant des courants triphasés à la tension de 5700 v. Les chaudières sont chauffées au mazout.

Les cabines et salons destinés aux passagers sont des plus luxueux afin de donner satisfaction aux exigences de la clientèle américaine; c'est d'ailleurs cette dernière considération qui a conduit à l'adoption de la propulsion électrique qui réduit au minimum les vibrations.

Digitized by Google

CHRONIQUE DES INSTALLATIONS

Concession d'une distribution d'énergie électrique aux services publics dans le département du Nord. — Le *Journal officiel* du 20 octobre 1927 publie, pages 10805-10811, le décret en date du 8 octobre 1927, approuvant la convention passée entre le préfet du département du Nord, d'une part, et la Compagnie générale pour l'Éclairage et le Chauffage par le Gaz, dont le siège est à Bruxelles, 34 et 36, rue Marie-de-Bourgogne, d'autre part, ainsi que le cahier des charges imposé à cette dernière pour la distribution de l'énergie électrique :

1° Aux services publics organisés en vue des transports en commun, de l'éclairage public ou privé ou de la fourniture de l'énergie aux particuliers ;

2° Aux services publics organisés en vue de l'alimentation en énergie des services publics énumérés au paragraphe précédent, au moyen d'ouvrages et de canalisations s'étendant sur tout ou partie du département du Nord.

La concession ne fait pas obstacle à ce que, dans la même zone, des permissions de voirie ou d'autres concessions soient accordées dans les conditions de la loi du 15 juin 1906.

L'énergie électrique sera produite au moyen de la vapeur dans une ou plusieurs usines génératrices appartenant ou non au concessionnaire ; le courant distribué sera alternatif triphasé à la fréquence 50 per : sec. L'énergie électrique pourra être fournie par d'autres distributions aux services publics. Actuellement elle est fournie par deux sociétés (la Société d'Électricité de la Région de Valenciennes-Anzin et la Compagnie électrique du Nord) titulaires d'une concession d'Etat de distribution d'énergie aux services publics.

L'Etat aura le droit, à toute époque, de faire mettre à la disposition du concessionnaire de l'énergie réservée aux bornes d'une usine hydraulique concédée.

Les usines génératrices ne font pas partie de la concession.

La tension du courant sera de 15 000 ou 54 000 volts.

La tension inscrite dans le traité d'abonnement ne devra pas s'écarter de plus de 5 pour 100 en plus ou en moins de la tension-type et la tolérance, par rapport au chiffre figurant dans le traité d'abonnement, sera en service normal de 7 pour 100 en plus ou en moins.

La fréquence du courant distribué en service normal est fixée à 50 per : sec avec une tolérance de 5 pour 100 en plus ou en moins.

Usine hydro-électrique de Saint-Claude (Jura). — Le *Journal officiel* du 4 novembre 1927 publie, pages 11 245-11 246, le décret, en date du 26 octobre 1927, approuvant la convention en date du 28 avril 1927 passée entre le ministre des Travaux publics, d'une part, et la ville de Saint-Claude (Jura), d'autre part, ainsi que le cahier des charges imposé à cette dernière pour l'établissement et l'exploitation des ouvrages hydrauliques et de l'usine génératrice destinés à l'utilisation de la chute d'environ 30 m (en eaux moyennes) entre Saint-Claude et la Porte-Sachet, à 5 km en aval de Saint-Claude, commune de Saint-Claude, Lavans et Chevry, département du Jura.

La puissance maximum brute de la chute concédée est évaluée à 6250 kw, ce qui correspond, compte tenu du rendement normal des appareils d'utilisation, à une puissance disponible de 4250 kilowatts.

La puissance normale brute est évaluée à 3000 kw, ce qui correspond de même à une puissance normale disponible de 2400 kw.

L'entreprise a pour objet principal la production de l'énergie électrique nécessaire aux services publics de la ville de Saint-Claude et au développement de l'industrie familiale dans la région.

Seront considérés comme dépendances immobilières de la concession, tous les ouvrages utilisés pour l'aménagement et la production de la force hydraulique devant faire retour gratuitement à l'Etat en fin de concession, et notamment le barrage de retenue, les ouvrages d'emmagasinement, les ouvrages de prise d'eau, canalisations, ouvrages régulateurs ou de décharge, les moteurs hydrauliques (turbines et accessoires), ainsi que les terrains qui les supportent ou y donnent accès et les bâtiments ou partie de bâtiments qui les abritent et les terrains submergés s'ils appartiennent au concessionnaire.

Le barrage ou la prise d'eau sera placé aux abords du hameau d'Etables, à 600 m en amont du barrage existant de Lizon.

Le niveau normal de la retenue sera à la cote 384.67 m du nivellement général de la France. Le débit maximum emprunté sera de 20 m³ : sec. Le débit maintenu dans la rivière en aval de la prise d'eau ne devra pas être inférieur à 10 l : sec. Les eaux seront restituées à 4 km environ. La prise d'eau sera alimentée par un réservoir de 1 500 000 m³ environ qui s'étendra depuis le barrage jusqu'à Saint-Claude, sur une longueur de 3 km. Les dispositions appropriées seront prises pour éviter tout préjudice aux usagers d'aval. Le barrage à établir à hauteur du hameau d'Etables aura, en plan, la forme d'un arc de cercle dont la convexité sera tournée vers l'amont ; sa longueur sera de 70 m environ.

La face amont sera verticale et la face aval, inclinée, formera déversoir. La hauteur de l'ouvrage, en son milieu, sera de 20 m environ. Le barrage sera établi de façon à pouvoir ultérieurement supporter un pont-route destiné à relier les hameaux d'Etables et Le Plan-d'Acier. Un vannage, placé à la partie supérieure, empêchera l'élévation du niveau de l'eau au-dessus de la retenue normale.

Une galerie d'évacuation creusée dans la rive gauche de la rivière, longue d'une soixantaine de mètres et s'ouvrant immédiatement à l'amont du barrage, assurera le dégrèvement de la retenue et pourra servir à l'écoulement des eaux de crue. La prise d'eau sera située à l'amont immédiat du barrage ; elle sera suivie d'une galerie d'amenée de 2000 m de longueur environ et d'une section maximum de 9,03 m², aboutissant à une chambre de mise en charge formant également cheminée d'équilibre. Une conduite forcée partant de cette dernière alimentera la station génératrice.

Electrification rurale. — Il résulte de conférences tenues entre les ingénieurs du contrôle et ceux du génie rural que des réseaux ruraux de distribution d'énergie électrique vont être établis :

Ardèche. — A Vernosc-lès-Annonay et Roiffieu.

Vaucluse. — Sorgues, Saint-Saturnin, Lioux, Joucas, Murs et Villars.

Seine-et-Marne. — Mondreville et Chenon.

Allier. — D'autre part un syndicat intercommunal est en constitution pour la région de Moulins.

Gard. — La Société « L'Aigoual » va commencer les travaux d'électrification des syndicats de Bagnols-sur-Cèze et de Lussan.

— Un projet d'électrification, représentant une dépense de 1 700 000 fr est à l'étude dans la région de Beaucaire. Les

Digitized by Google

travaux seraient entrepris par la Compagnie « le Sud électrique ».

Corse. — La Société Méridionale d'Eclairage et de Force vient d'être désignée comme concessionnaire de la distribution électrique de la Balagne, syndicat comprenant 29 communes, sous la présidence de M. F. Marini, maire de Calenzana.

Seine-Inférieure. — Un syndicat intercommunal vient d'être constitué en vue d'assurer l'électrification des 31 communes des cantons de Bolbec, Lillebonne, Goderville et Fauville (Seine-Inférieure). Ce syndicat a arrêté les termes d'une convention à passer avec la Société Havraise d'Energie Electrique pour la construction et l'exploitation du réseau.

Le devis estimatif des travaux à entreprendre s'élève à 6 060 000 fr, somme qui doit être couverte par des subventions de l'Etat et du département jusqu'à concurrence de 5 454 000 fr. Le surplus sera fourni par un emprunt contracté auprès des habitants des communes qui doivent être électrifiées.

CHRONIQUE FINANCIÈRE

Société d'Électricité des Landes. — Cette société porte actuellement son capital de 250 000 fr à 1 050 000 fr, par la création de 80 actions A, de 500 fr, dont 50 à attribuer en rémunération d'apport, et de 3 040 actions B de 250 fr, à souscrire en numéraire.

Maison Breguet. — Les comptes de l'exercice clos le 30 avril 1927, qui seront présentés à l'assemblée ordinaire du 28 octobre, se soldent par un bénéfice net de 2 millions 636 922 fr, contre 2 296 642 fr précédemment. Le conseil proposera le maintien du dividende à 40 fr brut par action.

Secteur marocain d'Eclairage et de Force. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 17 octobre 1927, p. 935, cette société, dont le siège est à Paris, 18 rue Séguier, a pour objet la distribution et la vente de l'énergie électrique, la construction, l'entretien et l'exploitation de toutes usines et de tous réseaux et lignes de transmission ayant pour but de produire, utiliser sur place, transmettre et distribuer l'énergie électrique dans la ville d'Oudja et dans tous autres lieux, tant au Maroc qu'en Algérie.

La durée est de 99 ans, à compter du 8 juillet 1927.

Le capital est de 1 250 000 fr divisé en 12 500 actions de 100 fr chacune, libérées du quart à la constitution.

Secteur électrique de Billy-Montigny et Extensions. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, du 3 octobre 1927, page 892, cette société dont le siège est à Billy-Montigny (Pas-de-Calais), rue de la Gare, vient de procéder à la cotation en bourse des 10 000 actions de 100 fr chacune représentant le capital actuel.

International Telephone and Telegraph Corporation and associated Companies. — D'après le rapport de cette société, les bénéfices résultant des opérations des six mois prenant fin au 30 juin 1927 s'élèvent à 5 736 319,51 dollars, tandis que, pour la même période de 1926, ils s'étaient élevés à 2 780 194,94 dollars. Les bénéfices de la période dont il s'agit comprennent le revenu net de la All America Cables, Inc., Montevideo Telephone Company, Ltd, et de la Chili Telephone Company, Ltd, le contrôle de ces sociétés ayant été acquis depuis le 1er janvier 1927. Depuis la clôture de l'exercice prenant fin le 30 juin 1927, le contrôle de deux compagnies supplémentaires a été acquis ; ce sont, la Companhia telephonica Rio-Grandense et la Sociedad cooperativa telefonica nacional, qui exploitent respectivement les systèmes téléphoniques dont la collaboration a été récemment acquise ont, au total, 53 000 stations environ.

Le dividende pour la période de six mois se terminant au 30 juin 1927 s'est élevé à 5,96 dollars par action.

Société électrique de la Sidérurgie lorraine. — Le rapport lu à l'assemblée ordinaire des Aciéries de Longwy du 22 septembre 1927, indique que l'exercice 1926-1927 s'est soldé par un bénéfice de 795 853 fr avant amortissements et qu'en raison du développement rapide de ses ventes et échanges du courant, la société envisage d'étendre son champ d'action.

Société internationale d'Energie hydroélectrique (Sidro). — Le rapport du conseil d'administration présenté à l'assemblée ordinaire du 4 octobre 1927 donne les renseignements suivants sur l'activité de la société durant l'exercice écoulé.

En ce qui concerne le rendement du portefeuille, indépendamment de leur intérêt privilégié de 7 dollars (payable par fractions trimestrielles de 1 3/4 dollar) les actions privilégiées de la Barcelona Traction, Light and Pover C° Ltd ont perçu, le 30 juin dernier, un dividende supplémentaire de 1 dollar pour le premier semestre de l'année en cours ; à cette même date il a été réparti, pour la première fois, aux actions ordinaires, un demi-dollar à titre d'acompte sur dividende. Il a paru utile au conseil de renforcer quelque peu l'intérêt de la société dans la Barcelona Traction et il a acquis à des conditions favorables un certain nombre d'actions de cette compagnie. Poursuivant la réalisation de son programme, la société a, d'autre part, augmenté fortement l'intérêt qu'elle possédait déjà, tant comme obligataires que comme actionnaires, dans la Mexican Light and Power C° Ltd et dans la Mexico Tramways C°.

A la Barcelona Traction, les travaux entrepris aux ouvrages hydrauliques de Candella se sont poursuivis normalement et il est permis d'espérer qu'ils seront terminés au cours de la présente année : on évalue à 30 000 000 kw-h l'appoint supplémentaire d'énergie dont disposera annuellement la compagnie après l'achèvement de ces travaux, dont le coût total ne dépassera pas 4 millions de pesetas.

En ce qui concerne la Mexican Light and Power C° Ltd, malgré les circonstances défavorables, les bénéfices ont été légèrement supérieurs a ceux de l'exercice antérieur. La production totale d'énergie des usines de la société s'est élevée, en 1926, à 593 472 460 kw-h, contre 560 664 705 kw-h en 1925. La compagnie a commencé la construction des ouvrages hydrauliques nécessaires à l'établissement, sur la rivière Lerma, d'une nouvelle usine hydroélectrique de 100 000 ch.

Le rapport signale encore que la Société d'Électricité de la Région de Malmédy (Serma) poursuit activement la réalisation de son programme ; la construction des ouvrages hydrauliques qu'elle a entreprise s'effectue dans des conditions tout à fait satisfaisantes. Cette société qui s'était déjà assuré le contrôle de la Société anonyme centrale d'Électricité, Eau et Gaz de Malmédy, a pris également des participations importantes dans la Compagnie d'Électricité des Ardennes et la Société centrale électrique de l'Entre-Sambre-et-Meuse.

Société intercommunale Belge d'Électricité. — Les comptes de l'exercice 1926-1927 laissent apparaître, après

Digitized by Google

déduction des charges financières et affectation de 15 millions 882 422 fr aux amortissements, contre 7 724 065 fr l'an dernier, un solde disponible de 19 168 365 fr, contre 15 501 352 fr pour l'exercice 1925-1926. Les dividendes proposés par le conseil à l'assemblée ordinaire du 20 octobre 1927 seront de 67,50 fr brut pour les actions de capital anciennes et de 47,20 fr pour les centièmes de parts de fondateur, contre respectivement 62,50 fr et 41,65 fr brut l'an dernier.

Constructions électriques de France. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, du 3 octobre 1927, page 889, cette société, dont le siège est à Paris, 9, avenue d'Orsay, va porter son capital social de 20 millions de fr à 67 500 000 fr par l'émission de 47 500 actions nouvelles catégorie B et 427 500 actions nouvelles catégorie A, au capital nominal de 100 fr chacune, à souscrire contre espèces au prix de 100 fr par action.

Ces 475 000 actions nouvelles jouiront des mêmes droits, suivant leur catégorie, que les 180 000 actions catégorie A et les 20 000 actions catégorie B, actuellement existantes, compte tenu de la création de 20 000 parts bénéficiaires.

Elles seront créées jouissance du 1er juillet 1927.

En conséquence, elles auront droit dans les bénéfices de l'exercice en cours ayant commencé le 1er janvier 1927, à un dividende égal à la moitié de celui qui pourra revenir aux 200 000 actions actuelles.

La souscription des 47 500 actions nouvelles catégorie B sera offerte par préférence, à titre irréductible et à titre réductible, aux propriétaires de 20 000 actions B actuelles, dans la proportion des actions possédées par eux.

Sur les 427 500 actions nouvelles catégorie A à émettre, 180 000 desdites actions seront offertes par préférence, à titre irréductible et à titre réductible, aux porteurs des 180 000 actions A actuelles, dans la proportion des actions possédées par eux. Le surplus des nouvelles actions A à émettre, soit 247 500 actions, sera laissé à la disposition du conseil d'administration pour qu'il en décide l'application et en assure la souscription ainsi qu'il avisera.

Après la réalisation définitive de cette augmentation de capital, le capital social se trouvera porté à 67 500 000 fr et divisé en 67 500 actions catégorie B et 607 500 actions catégorie A, toutes entièrement libérées.

BIBLIOGRAPHIE

Traité pratique sur la Construction du Moteur à explosions, par R. Bardin. — 2e édition. — Un vol. 17 cm × 25 cm. — Prix : 21 fr. — *Desforges, Girardot et Cie*, éditeurs.

Cet ouvrage présente l'étude des caractéristiques des moteurs à explosion et la détermination des dimensions des organes, en suivant la marche rationnelle d'établissement d'un projet de moteur.

Les calculs sont établis sous la forme la plus simple possible, sans le secours des mathématiques supérieures, et toute étude est complétée par une application numérique, permettant la vérification rapide des éléments étudiés.

La première partie du volume est consacrée aux généralités et détermination des caractéristiques des moteurs.

Puis vient, dans une deuxième partie, l'étude technologique et le calcul des organes : cylindre, piston, bielle, vilebrequin; l'étude complète de la distribution, pour moteurs avec soupapes : calcul et établissement des soupapes, ressorts, cames, et, pour les moteurs sans soupapes : tracé du diagramme de distribution et calage des fourreaux.

Ce chapitre est complété par l'étude du carter, du volant, l'examen du problème de l'équilibrage des différents types de moteurs, l'allumage, le graissage, et le refroidissement.

Enfin, dans un troisième chapitre, quelques notions sur l'usinage et les essais de moteurs terminent cette étude.

D'après ce rapide exposé, nous voyons donc que cet ouvrage comprend l'étude complète de la construction du moteur à explosion et convient à tous ceux qui s'intéressent de près ou de loin à la technique de cette machine.

La Science à la Maison, par H. de Graffigny. — Un vol. 12 cm × 19 cm, 340 pages. — Prix : 30 fr. — *Desforges, Girardot et Cie*, éditeurs.

L'outillage de la civilisation moderne, pour répondre aux besoins matériels et intellectuels de l'homme, est devenu extraordinairement compliqué et les arts ménagers entre autres ont pris récemment un énorme développement en raison de la crise des domestiques et de l'élévation considérable du prix de la main-d'œuvre.

Le nouvel ouvrage passe en revue toutes les applications de la science aux nécessités de la vie usuelle, depuis la construction et l'aménagement des habitations jusqu'aux instruments scientifiques de pur agrément en passant par les questions du chauffage individuel ou central, de l'éclairage et des machines domestiques de toute espèce, à laver le linge ou la vaisselle, aspirateurs de poussière, etc., que l'on a pu voir aux derniers Salons des arts ménagers.

C'est une encyclopédie complète condensée sous un format commode et qui est susceptible de rendre les meilleurs services aux personnes qui la consulteront. Les matières traitées sont d'ailleurs disposées dans l'ordre méthodique qui a fait le succès des précédents ouvrages du même auteur.

Digitized by Google

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

N° 852 SUPPLÉMENT 25 Décembre 1927.

RENSEIGNEMENTS DIVERS

Aperçu sur quelques questions électriques d'actualité.

Au cours d'une conférence faite devant les officiers de réserve du service des poudres, M. Courtois a résumé l'état actuel de l'alimentation des poudreries en énergie électrique. Comme ce problème intéresse les ingénieurs-électriciens nous résumerons ci-après les grandes lignes de cette conférence.

M. Courtois a tout d'abord envisagé la situation actuelle de l'électrification générale de la France et particulièrement l'état actuel des aménagements hydroélectriques. Il a rappelé les statistiques du très intéressant rapport de M. Touron à la Chambre syndicale des forces hydroélectriques et naturellement a été amené à constater que le bel essor des 10 dernières années s'est considérablement ralenti. Pour la plupart des concessions accordées pour l'aménagement de nouvelles chutes, les travaux ou ne sont pas commencés ou sont mis en veilleuse.

Les causes de cette crise sont d'ailleurs trop connues : situation économique actuelle difficile, coût élevé du loyer de l'argent peu enthousiaste aux placements à long terme, vente peu rémunératrice de l'énergie électrique dont les tarifs maxima sont bridés par l'application de l'index économique avec des coefficients généralement trop faibles et sans influence sur la prime fixe.

Au point de vue technique, la question de distribution de l'énergie électrique revêt deux aspects très caractéristiques :

1° Emploi des tensions de plus en plus élevées procurant une économie de pression considérable ;

2° Interconnexions des différents réseaux de distribution permettant l'utilisation maximum de l'énergie naturelle des chutes d'eau qui, envisagées individuellement, présentent dans le temps des débits très variables, solution encore facilitée par la création de retenues importantes régularisant les cours d'eau.

Pour illustrer ces considérations, M. Courtois donne les schémas de deux exemples d'interconnexions de réseaux à haute tension : Les réseaux à 120 000 v de la Société Rhône-Jura et de la Cie Bourguignonne reliant la chute du Rhône de Chancy-Pougny avec les centrales thermiques de Blanzy, du Creusot, Dijon et avec le grand réseau Éguzon-Chaingy-Chevilly de la Cie des chemins de fer de Paris-Orléans.

M. Courtois ouvre une parenthèse pour couper les ailes à un énorme canard couvé surtout par la presse espagnole : il n'a pu à aucun moment être question de suspendre les travaux d'électrification du P.-O. pour envisager l'application de l'accumulateur Alméida. Les qualités attribuées par les journaux espagnols à l'accumulateur au brome et au chlore n'existent que dans leur imagination, alors que ses inconvénients sont si tangibles.

Si les travaux d'électrification du P.-O. ne se continuent pas avec la cadence de ces années dernières, la raison en est uniquement à la crise économique et financière.

Le 2e exemple d'interconnexion de réseaux à haute tension est l'Union des Producteurs des Pyrénées occidentales utilisant le super-réseau à 150 000 v des chemins de fer du Midi comme collecteur des 16 centrales pyrénéennes des régions de Pau et Lannemezan.

Un répartiteur général y fait déverser aux moments les plus propices et au mieux de l'intérêt général des producteurs et consommateurs participants de l'U. P. P. O. l'énergie des diverses centrales génératrices et répartissant également le plus équitablement possible l'énergie réactive. Ah ! ce cos φ ! cauchemar des exploitants et maintenant aussi des consommateurs depuis que par des formules savantes il s'est introduit dans la note à payer.

M. Courtois s'étend sur quelques considérations expliquant le mécanisme de l'apparition de l'énergie réactive et justifiant sa tarification ; il signale qu'il est intéressant de la réduire par l'installation de moteurs synchrones, asynchrone synchronisés ou compensés sur les basses ou moyennes tensions et de condensateurs.

Les caractéristiques des moteurs et de l'appareillage à basse tension n'offrent rien de particulier : moteurs hermétiques et ventilés, appareillage à moyenne tension entièrement blindé.

L'appareillage à haute tension est toujours installé en plein air.

La protection contre les surtensions d'origine interne et externe est l'objet d'un développement tout particulier et nous croyons nous retrouver rajeunis de quelque 25 ou 30 ans, alors que les partisans de parafoudres à cornes, à rouleaux, électrolytiques, à jets d'eau, condensateurs, etc., etc., vantaient à qui mieux mieux avec intégrales, schémas et graphiques à l'appui les avantages de leurs systèmes préférés.

M. Courtois a été un peu dur pour les distributeurs qui, paraît-il, sont plutôt partisans de ne pas installer de parafoudres parce que leurs installations ne risquent rien ayant un grand coefficient de sécurité, alors que celles de leurs clients encaissent tous les à-coups. Lui, M. Courtois, est partisan de tous les parafoudres. Il installe tous les 3 ou 10 km sur la ligne un parafoudre à corne avec résistance en série ; naturellement, sa ligne a un câble de terre, un parafoudre à corne encore à l'entrée de poste, un rebroussement, puis un parafoudre à rouleaux, une self de mise à la terre pour l'écoulement des charges statiques (qu'il a appelée très improprement bobine de Petersen), un condensateur, une self shuntée par une résistance, une self sans fer, puis, après seulement, les appareils d'utilisation.

M. Courtois a appelé l'attention d'une façon tout à fait particulière sur les dangers que peuvent présenter pour le personnel les courants dits à basse tension. Les cas d'électrocution à 100 ou 120 v sont fréquents lorsque le corps de la

Digitized by Google

victime est humide ou moite et repose sur un sol humide.

Les lampes balladeuses employées à l'intérieur des chaudières en visite ou nettoyage sont tout particulièrement dangereuses.

L'électrocution agit par asphyxie et la victime doit être traitée très longuement par la respiration artificielle. On cite des cas d'électrocutés rappelés à la vie après 7 heures de respiration artificielle.

M. Courtois termine en signalant qu'un réseau de distribution d'énergie électrique doit être muni de moyens de communications téléphoniques sûrs et rapides. Il semble que dans l'état actuel de la question, les radiocommunications téléphoniques à haute fréquence et à ondes dirigées donnent toute satisfaction.

L. Conge,
Ingénieur électricien.

CHRONIQUE FINANCIÈRE

Électricité de l'Est de la Belgique. — Les comptes de l'exercice 1926-1927 seront soumis aux actionnaires le 20 octobre 1927. Ils laissent apparaître un bénéfice net de 3 580 271 fr, contre 2 948 948 fr en 1925-1926, et ce, après affectation de 2 770 379 fr aux amortissements, contre 1 481 095 fr précédemment. Les dividendes bruts des actions de capital privilégiées et ordinaires seront portés de 47,50 fr à 55 fr ; les dixièmes de parts de fondateur recevront 169,40 fr brut, contre 127 fr.

Électricité de l'Ouest de la Belgique. — Après affectation de 1 858 747 fr aux amortissements contre 1 million 108 499 fr l'an dernier, le solde bénéficiaire de l'exercice 1926-1927 ressort à 2 686 196 fr, contre 1 970 862 fr en 1925-1926. Le conseil proposera à l'assemblée ordinaire du 20 octobre 1927 de porter le dividende brut des actions de capital privilégiées et ordinaires de 40 à 50 fr et celui des dixièmes de parts de fondateur de 34 fr à 56,50 fr.

Société des Forces motrices de la Vallée d'Aspe. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires*, du 3 octobre 1927, p. 893, cette société, dont le siège est à Paris, 10, rue Vézelay, va porter son capital de 30 millions à 35 millions de francs par la création de 20 000 actions « B », de 250 fr à émettre au taux de 275 fr.

Ces 20 000 actions « B », qui porteront les numéros 1 à 20 000, seront créées coupon 9 attaché et jouissance du 1er juillet 1927. Les porteurs des 280 titres spéciaux remis aux souscripteurs d'origine auront droit à la souscription de 50 pour 100 des actions nouvelles, soit 10 000 actions, c'est-à-dire 36 actions « B » par titre spécial possédé.

Conformément à la deuxième résolution adoptée par l'assemblée générale extraordinaire du 9 septembre 1927, les propriétaires des actions actuellement existantes, dites actions « A », ont renoncé pour cette émission à l'exercice de leur droit de souscription par préférence sur l'autre moitié des actions nouvelles, soit 10 000 actions. Le conseil d'administration a été autorisé, par la même résolution, à réserver la souscription de ces 10 000 titres à un groupe constitué sous les auspices de la Société auxiliaire d'Entreprises électriques et de Travaux publics.

La souscription est ouverte du 3 octobre au 3 novembre 1927.

Le montant du premier quart de l'action, augmenté de la prime, soit 87,50 fr, devra être versé à la souscription.

Société industrielle d'Entreprises électriques. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 3 octobre 1927, page 893, cette société, dont le siège est à Paris, 140, rue de la Croix-Nivert, après avoir réduit son capital de 3 500 000 fr à 2 millions de francs, va le porter à 6 millions de francs par émissions au pair de 40 000 actions de 100 fr chacune.

Société artésienne de Force et Lumière. — D'après insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 3 octobre 1927, page 900, cette société, dont le siège est à Paris, 97, rue de Lille, va procéder à l'émission d'un nombre maximum de 32 000 obligations à 7 pour 100, de 500 fr chacune ; ces obligations rapporteront un intérêt annuel de 7 pour 100 l'an, soit 35 fr.

Le payement des coupons et le remboursement des titres seront effectués nets de tous impôts français présents et futurs, exception faite de la taxe de transmission, dont le montant sera déduit du paiement des coupons sur les titres au porteur.

Les obligations seront amortissables en dix ans au maximum, à partir du 1er octobre 1932, suivant un tableau d'amortissement inscrit sur les titres, soit au pair, par tirages au sort annuels, soit par voie de rachat en Bourse, au-dessous du pair, compte tenu de la fraction courue du coupon.

Société de Distribution d'Electricité de l'Ouest. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 10 octobre 1927, page 919, cette société, dont le siège est à Paris, 21, place de la Madeleine, va procéder à l'émission de 30 000 obligations de 500 fr, rapportant un intérêt annuel de 6,5 pour 100, net de tous impôts français présents et futurs, à l'exception des droits de transmission de transfert et de conversion qui restent à la charge des obligataires.

Ces 30 000 obligations sont amortissables en 35 ans, conformément au tableau d'amortissement qui sera imprimé au dos des titres, soit au pair par tirages au sort annuels, soit par rachat en bourse au-dessous du pair, compte tenu de la fraction courue du coupon.

La société se réserve, en outre, la faculté d'amortir par anticipation, à partir du 15 octobre 1929, au pair, lors de chaque échéance de coupons, par voie de tirages au sort supplémentaires.

Procédés Sauter. — Telle est la nouvelle dénomination adoptée par la société à responsabilité limitée Société pour l'Exploitation des procédés Sauter, à la suite de sa transformation en société anonyme.

Elle continue à avoir pour objet la fabrication et la vente de tous appareils électriques ainsi que d'appareils de chauffage par accumulation construits par la firme F.-R, Sauter, de Bâle.

Le siège est établi à Saint-Louis (Haut-Rhin) et le capital est de 1 250 000 fr en actions de 500 fr.

Société électrique d'Aubencheul-au-Bac et Environs. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 3 octobre 1927, page 892, cette société, dont le siège est à Aubencheul-au-Bac, route nationale, vient de procéder à la cotation en bourse de Lille des 8 000 actions de 100 fr chacune formant le capital actuel.

Société anonyme des Accumulateurs monoplaques. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 10 octobre 1927, page 917, cette société, dont le siège est à Colombes (Seine), 77 à 81, boulevard Marceau, va porter son capital à 5 millions de francs au moyen de la création de 18 000 actions nouvelles de 100 fr chacune à émettre contre versement de numéraire au taux de 115 fr et

Digitized by Google

dont 16 875 actions seront de catégorie A et 1 125 actions seront de catégorie B.

La souscription de ces actions est réservée par préférence aux anciens actionnaires.

Électricité de la Seine. — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 10 octobre 1927, page 911, cette société, dont le siège est à Paris, 75, boulevard Haussmann, vient de procéder à l'introduction à la cote de la bourse des 200 000 actions de priorité, nos 1 à 200 000, ainsi que des 20 000 parts de fondateur, nos 1 à 20 000.

Compagnie électrique de la Grosne. — Cette société a réalisé pour l'exercice clos au 31 décembre 1926 un bénéfice net de 1 279 795 fr, contre 1 627 753 fr en 1925. Le dividende des actions a été porté de 11 fr à 12 fr; celui des parts a été fixé à 1 343,15 fr, contre 1 153,80 fr précédemment.

Compagnie centrale d'Eclairage et de Transport de Force par l'Electricité. (Compagnie d'Electricité de Limoges). — D'après une insertion au *Bulletin des Annonces légales obligatoires* du 7 novembre 1927, cette société, dont le siège est à Paris, 46, rue de Provence, va procéder à un emprunt de 10 millions de francs, représenté par 20 000 obligations de 500 fr chacune. Ces obligations rapporteront un intérêt annuel de 35 fr, payable par semestre les 1er novembre et 1er mai, nets de tous impôts français présents et futurs, à l'exception de la taxe de transmission qui reste à la charge des porteurs, ainsi que les droits de transfert et de conversion.

Les 20 000 obligations nouvelles sont amortissables en trente ans à partir de la première année, soit au pair par voie de tirages au sort annuels, conformément au tableau d'amortissement qui sera imprimé au dos des titres, soit par voie de rachats en bourse au-dessous du pair, compte tenu de la fraction courue du coupon.

La société se réserve, en outre, la faculté d'amortir par anticipation tout ou partie des obligations, à partir de la cinquième année, soit au pair lors de chaque échéance de coupons par voie de tirages au sort supplémentaires moyennant un préavis de trois mois publié dans un journal d'annonces légales, soit par rachats au-dessous du pair, compte tenu de la fraction courue du coupon.

Les obligations amorties en excédent du chiffre prévu au tableau d'amortissement seront, dans tous les cas, imputées sur le dernier tirage, puis sur le précédent et ainsi de suite, de façon à ne pas modifier l'ordre du tableau d'amortissement.

Aucune garantie spéciale n'est attachée à ces obligations, mais la société s'engage, jusqu'à leur complet remboursement, à ne consentir, au profit d'autres bons ou obligations déjà émis ou à émettre, aucun privilège ou hypothèque sur ses immeubles, terrains et constructions, sans en faire bénéficier *pari passu* les obligations de la présente émission.

Manufacture de machines auxiliaires pour l'Electricité et l'industrie. — Autorisé par l'assemblée extraordinaire du 15 décembre 1926, le conseil d'administration procède actuellement à l'augmentation du capital de 900 000 fr à 2 200 000 fr, par l'émission d'actions nouvelles de 500 fr. La souscription de ces titres est réservée au pair jusqu'au 30 octobre aux anciens actionnaires, dans la proportion de 13 actions nouvelles pour 9 anciennes. Cette augmentation est garantie par la Compagnie des Mines de Béthune.

L'assemblée du 15 décembre 1926, qui, comme nous l'avons dit plus haut, a autorisé cette augmentation de capital, a également décidé que les 1 800 actions de 500 fr composant le capital actuel seraient converties en actions privilégiées et jouiront à ce titre, à compter du 1er janvier 1927, d'un avantage unique et temporaire consistant dans le droit de toucher un premier dividende de 8 pour 100 par préférence aux actions à émettre par la suite, qui seront dites actions ordinaires.

Ce privilège cessera lorsque, au cours de trois exercices consécutifs, les actions privilégiées auront touché, à titre de premier dividende, une somme qui, pour le total de ces trois exercices, s'élèvera dans son ensemble à 24 pour 100 du capital représenté par ces actions.

Après réalisation de l'augmentation de capital en cours, le conseil restera autorisé à porter ledit capital à 4 000 000 fr, par tranches au moins égales à 500 000 fr.

Aciéries et Forges de Firminy. — Réunis en assemblée ordinaire le 28 octobre 1927, les actionnaires ont approuvé les comptes de l'exercice 1926-1927 laissant un solde bénéficiaire de 15 684 810,77 fr, auquel il y a lieu d'ajouter le report de l'exercice précédent, soit 3 350 762,69 fr, ce qui donne un total disponible de 17 035 573,46 fr. Le dividende a été fixé à 20 fr payable à partir du 15 décembre prochain sous déduction des impôts et un reliquat de 2 305 850,91 fr a été reporté à nouveau.

Le rapport du conseil signale que le chiffre d'affaires de cet exercice a été en augmentation de 30 millions de francs, bien que le cours des produits métallurgiques ait baissé de 35 à 40 pour 100 environ entre juillet 1926 et juin 1927. L'activité des usines a été normale malgré un fléchissement des commandes enregistrées dans les derniers mois de l'exercice, particulièrement pour les ordres provenant de la clientèle de détail, alors qu'au contraire les commandes de l'État et des grandes administrations restent à un niveau satisfaisant et permettent de maintenir une allure normale dans les ateliers.

Les usines de Grand-Couronne ont continué leur exploitation sans incident. Les fabrications d'aciers laminés à froid et d'aciers plaqués se perfectionnent et la clientèle augmente.

Les fabrications d'outillage pneumatique de l'usine de Meudon se développent de façon normale et les résultats d'exploitation continuent à donner toute satisfaction.

La Société La France a été éprouvée cette année par la mévente générale des machines agricoles, mévente qui oblige à restreindre les programmes de fabrication et à conserver des stocks relativement importants de machines fabriquées.

La Société hydro-électrique de La Cère vient de mettre en fonctionnement sa première installation de 35 000 ch. L'aménagement de la deuxième chute d'importance égale est poussé avec activité.

La Société des Torpilles de Saint-Tropez et la Société des Établissements Coulaux sont maintenant des affaires en pleine valeur et dont l'exploitation donne de bons résultats.

La société a été amenée à liquider le Charbonnage Ilermann où elle avait des intérêts prépondérants; cette liquidation est en cours actuellement.

L'Énergie industrielle. — Une assemblée extraordinaire qui avait été convoquée récemment n'a pu délibérer valablement, faute de quorum, et a été reportée au 25 novembre 1927.

Elle a, néanmoins, approuvé provisoirement l'apport fait à la société par la Société de Production et de Distribution d'Énergie de son réseau de gaz et d'électricité de Langres, ainsi que l'apport fait par l'Énergie électrique du Massif central d'un réseau d'électricité situé dans la commune du Mont-Dore et comprenant l'usine de Compissade et le lac de Guéry.

D'autre part, elle a autorisé provisoirement le conseil à faire apport à la Société hydroélectrique d'Auvergne du réseau d'électricité de Saint-Nectaire.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

Interrupteurs et disjoncteurs dans l'huile, par Pierre Pagnon et L. Barbillon. — Un vol. 17 × 25 cm, 300 pages. — *Albin Michel*, éditeur.

S'il est un appareil utile et en tout cas indispensable dans les installations électriques modernes à haute tension, c'est bien le disjoncteur à huile, aussi le sujet ci-dessus choisi par les auteurs, correspond-il à une actualité industrielle d'une acuité telle que nombreux seront les ingénieurs et les chefs d'exploitation qui chercheront dans ce livre les remèdes à des défauts depuis longtemps signalés.

Divisé en trois parties : 1° considérations générales sur la constitution du matériel d'interruption; 2° construction des disjoncteurs et 3° les grands postes extérieurs, l'ouvrage embrasse toute la technique de cet instrument dont on a pu dire qu'il était le cœur des grandes installations. Ecrit par des techniciens doublés de praticiens, cet ouvrage ne manquera pas d'attirer l'attention de tous ceux que la question intéresse.

Agendas Dunod. — I. **Electricité**, par L. D. Fourcault. — Un vol. 10 cm × 13 cm, 450 pages. — Prix : 17 fr. — *Dunod*, éditeur.

Cet excellent petit ouvrage qui se publie régulièrement chaque année, comme tout agenda qui se respecte, est en somme à la fois un aide-mémoire et un formulaire. On y trouve au début un petit cours d'électrotechnique tandis que les pages à la fin renferment les derniers règlements parus et des tableaux de formules et de données et constantes physiques.

II. **Construction mécanique**, par J. Izart. — Un volume 10 cm × 15 cm, 330 pages. — Prix : 17 fr. — *Dunod*, éditeur.

Cet ouvrage qui forme pour les électriciens le complément du précédent contient un rappel des principes des éléments des machines et constitue, lui aussi, un petit traité de mécanique. On y trouve une foule de données très utiles qui donnent à cet ouvrage un caractère extrêmement pratique.

Annuaire de l'Union des Syndicats de l'Electricité. — Un volume de 1800 pages, 14 cm × 21 cm.

L'Union des Syndicats de l'Electricité vient de faire paraître son Annuaire et nous ne pouvons manquer de signaler une aussi importante publication.

Cette édition, qui a reçu de nouveaux compléments et d'importantes modifications par rapport aux éditions précédentes, contient en 1800 pages, avec de nombreuses illustrations, sous un format commode et avec une typographie particulièrement soignée, tout ce qui concerne les industries électriques.

Ce qui donne à l'Annuaire une valeur toute spéciale, c'est qu'il contient *in extenso* les textes complets de tous les travaux établis par l'Union : cahiers des charges, spécifications de fournitures, normalisations, en un mot tout ce qui constitue les règles de l'art de la construction et de l'utilisation du matériel électrique. La France occupe une place de premier ordre en Europe à ce point de vue et les travaux de l'Union ont une réputation qui dépasse maintenant nos frontières.

L'annuaire contient en outre la législation des distributions d'énergie électrique, des tarifs de vente du courant, des réseaux ruraux de distribution d'énergie électrique, la législation douanière et l'indication des droits de douane et des coefficients de majoration, — de nombreuses notices sur les groupements professionnels et les administrations, — enfin une partie commerciale avec 1200 notices de sociétés, 2000 adresses de personnalités appartenant aux industries électriques et une liste de fournisseurs de matériel électrique contenant 515 rubriques.

Digitized by Google

TECHNOLOGY DIVISION

3e Année — N° 829 — 10 Janvier 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

FONDÉE PAR É. HOSPITALIER

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

VOP

FONDATEURS

MM.

ABDANK ABAKANOWICZ, Ingénieur-Conseil;
RENÉ ARNOUX, Ingénieur;
PAUL BARBIER, Électricien;
BARDON, Constructeur;
J. CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur;
COMPAGNIE CONTINENTALE ÉDISON;
COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON;
FRAGER, Administrateur de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs;
H. FONTAINE, Ingénieur civil;
X. GARNOT, Ingénieur, Entrepreneur de Stations centrales d'énergie électrique;
CH.-ÉD. GUILLAUME, Directeur du Bureau intern. des Poids et Mesures;
JEAN-JACQUES HEILMANN, Ingénieur;
E. HOSPITALIER, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'Ecole de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris;
HOURY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de fils et câbles électriques;
E. JULIEN, Ingénieur;
J. LAFFARGUE, Ingénieur-Électricien;
A. LAHURE, Imprimeur Éditeur;
P. LEMONNIER, Ingénieur;

MM.

AUG. LALANCE, Administrateur-Délégué de la Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy;
MAISON BREGUET;
G. MASSON, Libraire-Éditeur;
MENIER, Manufacturier;
CH. MILDÉ, Constructeur-Électricien;
LOUIS MORS, Ingénieur des Arts et Manufactures;
R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures;
POSTEL-VINAY, Ingénieur-Constructeur;
JULES RICHARD, fondateur et successeur de la maison Richard frères;
F. DE ROMILLY;
G. ROUX, ancien Directeur du Bureau de contrôle des installations électriques;
SCHNEIDER ET Cie, Usines du Creusot;
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES;
SOCIÉTÉ ANONYME CANCE;
SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ;
SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX;
GASTON TISSANDIER, Directeur de *La Nature*;
LAZARE WEILLER, Manufacturier.

829-8
Gunes 36
1927.

ABONNEMENTS { Paris et Départements : Un an. . . . . 30 francs
Union Postale : Un an. . . . . 40 francs

PRIX DU NUMÉRO : 1 fr. 50
Pour l'Etranger : 2 fr.

Directeur : **A. LAHURE**

Rédacteur en Chef : **A. SOULIER**
EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE

RÉDACTION
9, Rue de Fleurus, Paris (VIe)
Téléphone : Ségur 04-23

ADMINISTRATION
9, Rue de Fleurus, Paris (VIe)
Téléphone : Ségur 04-44

PARIS
A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
9, RUE DE FLEURUS, 9 (VIe ARROND.)

Digitized by Google

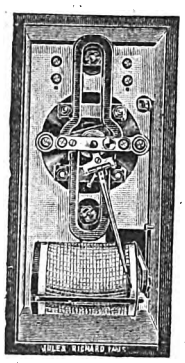
ENREGISTREURS

ANCIENNE MAISON
RICHARD Frères

Demander le catalogue
25, Rue MÉLINGUE, Paris

RICHARD

Par la surveillance constante et le contrôle qu'ils exercent sur toutes les opérations industrielles, ils permettent de réaliser de notables économies qui amortissent très rapidement le prix de l'appareil.



APPAREILS DE MESURES POUR TABLEAUX

Courant continu et courants alternatifs
Ampèremètres. — Voltmètres.
Wattmètres. — Boîtes de contrôle.
Ohmmètres. — Milli-ampèremètres.

Contrôle de la marche des usines

Manomètres.
Indicateurs et enregistreurs de tirage.
Indicateurs dynamométriques.
Cinémomètres.
Indicateurs de niveau sur place et à distance.
Thermomètres. — Pyromètres.
Hygromètres, etc.

Grands Prix aux Expositions universelles et internationales

A LA MÊME MAISON

LE VÉRASCOPE ET LE GLYPHOSCOPE
Appareils de photographie stéréoscopique

VENTE AU DÉTAIL: 10, rue Halévy (Opéra)

Fournisseur des principales Compagnies d'Éclairage électrique et de Transport de Force.

Société Anᵐᵉ des Établissements Jules RICHARD
au capital de six millions de francs
25, RUE MELINGUE, PARIS
R. C. Seine, N° 174-227.

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ

MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4.000.000 DE FRANCS

11, rue Petit, 11 — CLICHY (Seine)

Registre du Commerce : Seine N° 208.971 B. Téléph. : Marcadet 25-51

USINES A CLICHY ET A SENS

FONDERIE DE FER

FONTES MÉCANIQUES POUR L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE
MOULAGE MÉCANIQUE — PIÈCES EN SÉRIE
PIÈCES SUR PLANS, SUR MODÈLES OU TROUSSEAUX

BALAIS LE CARBONE

PILES LE CARBONE

Balais en charbon et compositions graphite et cuivre pour machines électriques

CHARBONS POUR MICROPHONES
ANNEAUX POUR JOINTS DE VAPEUR

PILES ÉLECTRIQUES DE TOUS SYSTÈMES

LE CARBONE

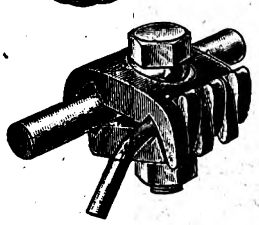
Société Anonyme. Capital : 2.800.000 Fr.
37, rue de Paris, **GENNEVILLIERS** (Seine)
R. C. Seine, N° 11.699.

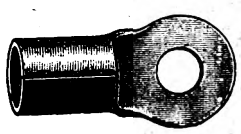
PRONER ET Cie

Anciens Établissements ZUFALL

COSSES et RACCORDS
POUR INSTALLATION DE LIGNES ET POSTES ÉLECTRIQUES
EN BASSE ET HAUTE TENSION

Découpage et Emboutissage





USINE ET BUREAUX :
89, Rue de la Roquette — PARIS
Tél. : Roquette 80-28 CATALOGUE SUR DEMANDE

A. POULAIN

CONSTRUCTEUR-ÉLECTRICIEN

***Bureaux et Usines* : 8 et 10, rue de la Chine**
PARIS (XXᵉ)

Téléphone : ROQUETTE 12-74 et 82-17

GROS ET PETIT APPAREILLAGE
SPÉCIALITÉS DE DOUILLES TOUS MODÈLES

Interrupteurs, Prise de courant, Coupe-circuit, etc.
Appareils de tableaux, Matériel de colonnes

Digitized by Google

TECHNOLOGY DIVISION

46e Année. N° 830 25 Janvier 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

FONDÉE PAR E. HOSPITALIER

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

FONDATEURS

MM.

ABDANK-ABAKANOWICZ, Ingénieur-Conseil;
RENÉ ARNOUX, Ingénieur;
PAUL BARBIER, Électricien;
BARDON, Constructeur;
J. CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur;
COMPAGNIE CONTINENTALE ÉDISON;
COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON;
FRAGER, Administrateur de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs;
H. FONTAINE, Ingénieur civil;
X. GARNOT, Ingénieur, Entrepreneur de Stations centrales d'énergie électrique;
CH.-ÉD. GUILLAUME, Directeur du Bureau intern. des Poids et Mesures;
JEAN-JACQUES HEILMANN, Ingénieur;
E. HOSPITALIER, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'Ecole de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris;
HOURY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de fils et câbles électriques;
E. JULIEN, Ingénieur;
J. LAFFARGUE, Ingénieur-Électricien;
A. LAHURE, Imprimeur-Éditeur;
P. LEMONNIER, Ingénieur;

MM.

AUG. LALANCE, Administrateur-Délégué de la Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy;
MAISON BREGUET;
G. MASSON, Libraire-Éditeur;
MENIER, Manufacturier;
CH. MILDÉ, Constructeur-Électricien;
LOUIS MORS, Ingénieur des Arts et Manufactures;
R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures;
POSTEL-VINAY, Ingénieur-Constructeur;
JULES RICHARD, fondateur et successeur de la maison Richard frères;
F. DE ROMILLY;
G. ROUX, ancien Directeur du Bureau de contrôle des installations électriques;
SCHNEIDER ET Cie, Usines du Creusot;
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES;
SOCIÉTÉ ANONYME CANCE;
SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ;
SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX;
GASTON TISSANDIER, Directeur de *La Nature*;
LAZARE WEILLER, Manufacturier.

ABONNEMENTS { Paris et Départements : Un an. . . . . 30 francs
Union Postale : Un an. . . . . 40 francs

PRIX DU NUMÉRO : 1 fr. 50
Pour l'Etranger : 2 fr.

Directeur : **A. LAHURE**

Rédacteur en Chef : **A. SOULIER**
EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE

RÉDACTION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI°)
Téléphone : Ségur 04-23

ADMINISTRATION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI°)
Téléphone : Ségur 04-44

PARIS
A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
9, RUE DE FLEURUS, 9 (VI° ARROND.)

Digitized by Google

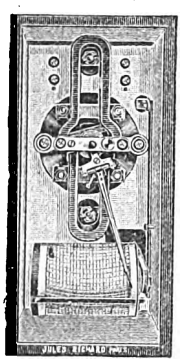
ENREGISTREURS

ANCIENNE MAISON
RICHARD Frères

Demander le catalogue
25, Rue MÉLINGUE, Paris

RICHARD

Par la surveillance constante et le contrôle qu'ils exercent sur toutes les opérations industrielles, ils permettent de réaliser de notables économies qui amortissent très rapidement le prix de l'appareil.



APPAREILS DE MESURES POUR TABLEAUX

Courant continu et courants alternatifs
Ampèremètres. — Voltmètres.
Wattmètres. — Boîtes de contrôle.
Ohmmètres. — Milli-ampèremètres.

Contrôle de la marche des usines

Manomètres.
Indicateurs et enregistreurs de tirage.
Indicateurs dynamométriques.
Cinémomètres.
Indicateurs de niveau sur place et à distance.
Thermomètres. — Pyromètres.
Hygromètres, etc.

Grands Prix aux Expositions universelles et internationales

A LA MÊME MAISON

LE VÉRASCOPE ET LE GLYPHOSCOPE
Appareils de photographie stéréoscopique

VENTE AU DÉTAIL : 10, rue Halévy (Opéra)

Fournisseur des principales Compagnies d'Éclairage électrique et de Transport de Force.

Société Ame des Établissements Jules RICHARD
au capital de six millions de francs
25, RUE MELINGUE, PARIS
R. C. Seine, N° 174-227.

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ

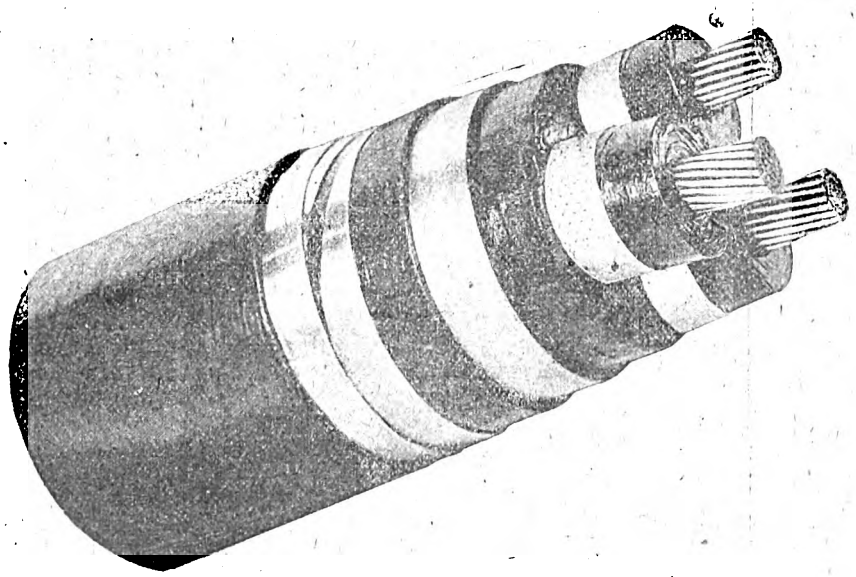
MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4.000.000 DE FRA
11, rue Petit, 11 — CLICHY (Seine)
Registre du Commerce ; Seine N° 208.871 B. Téléph. : Marcadet 25-51-

USINES A CLICHY ET A SENS

FONDERIE DE FER

FONTES MÉCANIQUES POUR L'INDUSTRIE ÉLECTR
MOULAGE MÉCANIQUE — PIÈCES EN SÉRIE
PIÈCES SUR PLANS, SUR MODÈLES OU TROUS



Câble de 3 × 150 m/m² — 60.000 volts isolé au papier imprégné, sous plomb et armé pouvant transporter 25.000 KW. — Cos φ = 0,8.

CABLES en tous genres et pour toutes tensions en usage

CUIVRE NU — TUBES ISOLATEURS
ISOLANTS MOULÉS — PIÈCES MOULÉES

Forges et Ateliers de Constructions électr

DE

JEUMONT

Société anonyme au capital de 80 000 000 de fran
Siège social : 75, Boulevard Haussmann, PARIS
R. C. Seine N° 167.217
Direction générale à JEUMONT (Nord)

AGENCES PRINCIPALES A :

PARIS : 49, rue des Mathurins.
MARSEILLE 39, rue Thubanneau.
BORDEAUX : 3bis cours de Tournon.
NANTES : 5, Quai Fosse.
ROUEN : 16, rue du Bac.
LYON : 53, Cours de la Liberté.
NANCY : 53, rue du Faubourg Saint-Jea
LILLE : 7, rue de Pas.
STRASBOURG : 5, rue Kuhn.

Digitized by Google

TECHNOLOGY DIVISION

IS Année. N° 831 10 Février 1927

INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

FONDÉE PAR E. HOSPITALIER

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

FONDATEURS

MM.

SDANK-ABAKANOWICZ, Ingénieur-Conseil;
ENÉ ARNOUX, Ingénieur;
AUL BARBIER, Électricien;
ARDON, Constructeur;
CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur;
OMPAGNIE CONTINENTALE ÉDISON;
OMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON;
RAGER, Administrateur de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs;
. FONTAINE, Ingénieur civil;
. GARNOT, Ingénieur, Entrepreneur de Stations centrales d'énergie électrique;
H.-ÉD. GUILLAUME, Directeur du Bureau intern. des Poids et Mesures;
EAN-JACQUES HEILMANN, Ingénieur;
. HOSPITALIER, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'Ecole de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris;
OURY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de fils et câbles électriques;
. JULIEN, Ingénieur;
. LAFFARGUE, Ingénieur-Électricien;
. LAHURE, Imprimeur-Éditeur;
. LEMONNIER, Ingénieur;

MM.

AUG. LALANCE, Administrateur-Délégué de la Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy;
MAISON BREGUET;
G. MASSON, Libraire-Éditeur;
MENIER, Manufacturier;
CH. MILDÉ, Constructeur-Électricien;
LOUIS MORS, Ingénieur des Arts et Manufactures;
R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures;
POSTEL-VINAY, Ingénieur-Constructeur;
JULES RICHARD, fondateur et successeur de la maison Richard frères;
F. DE ROMILLY;
G. ROUX, ancien Directeur du Bureau de contrôle des installations électriques;
SCHNEIDER ET Cie, Usines du Creusot;
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES;
SOCIÉTÉ ANONYME CANCE;
SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ;
SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX;
GASTON TISSANDIER, Directeur de *La Nature*;
LAZARE WEILLER, Manufacturier.

ABONNEMENTS { Paris et Départements : Un an. . . . . 30 francs
Union Postale : Un an. . . . . 40 francs

PRIX DU NUMÉRO : 1 fr. 50
Pour l'Etranger : 2 fr.

Directeur : A. LAHURE

Rédacteur en Chef : A. SOULIER
EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE

RÉDACTION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI°)
Téléphone : Ségur 04-23

ADMINISTRATION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI°)
Téléphone : Ségur 04-44

PARIS
A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
9, RUE DE FLEURUS, 9 (VI^e ARROND.)

Digitized by Google

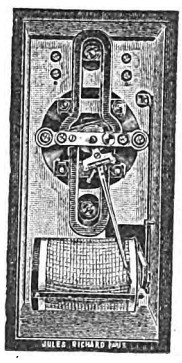
ENREGISTREURS

ANCIENNE MAISON
RICHARD Frères

Demander le catalogue
25, Rue MÉLINGUE, Paris

RICHARD

Par la surveillance constante et le contrôle qu'ils exercent sur toutes les opérations industrielles, ils permettent de réaliser de notables économies qui amortissent très rapidement le prix de l'appareil.



APPAREILS DE MESURES POUR TABLEAUX

Courant continu et courants alternatifs
Ampèremètres. — Voltmètres.
Wattmètres. — Boîtes de contrôle.
Ohmmètres. — Milli-ampèremètres.

Contrôle de la marche des usines

Manomètres.
Indicateurs et enregistreurs de tirage.
Indicateurs dynamométriques.
Cinémomètres.
Indicateurs de niveau sur place et à distance.
Thermomètres. — Pyromètres.
Hygromètres, etc.

Grands Prix aux Expositions universelles et internationales

A LA MÊME MAISON

LE VÉRASCOPE ET LE GLYPHOSCOPE
Appareils de photographie stéréoscopique

VENTE AU DÉTAIL: 10, rue Halévy (Opéra)

Fournisseur des principales Compagnies d'Éclairage électrique et de Transport de Force.

Société Anᵉ des Établissements Jules RICHARD
au capital de six millions de francs
25, RUE MELINGUE, PARIS
R. C. Seine, N° 174-227.

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ

MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4.000.000 DE FR

11, rue Petit, 11 — CLICHY (Seine)

Registre du Commerce : Seine N° 208.871 B. Téléph. : Marcadet 25-81

USINES A CLICHY ET A SENS

FONDERIE DE FER

FONTES MÉCANIQUES POUR L'INDUSTRIE ÉLECTR
MOULAGE MÉCANIQUE — PIÈCES EN SÉRIE
PIÈCES SUR PLANS, SUR MODÈLES OU TROU

BALAIS LE CARBONE
PILES LE CARBONE

Balais en charbon et compositions graphite et cuivre pour machines électriques

CHARBONS POUR MICROPHONES
ANNEAUX POUR JOINTS DE VAPEUR

PILES ÉLECTRIQUES DE TOUS SYSTÈMES

LE CARBONE

Société Anonyme. Capital : 2.800.000 Fr.
37, rue de Paris, GENNEVILLIERS (Seine)
R. C. Seine, N° 11.699.

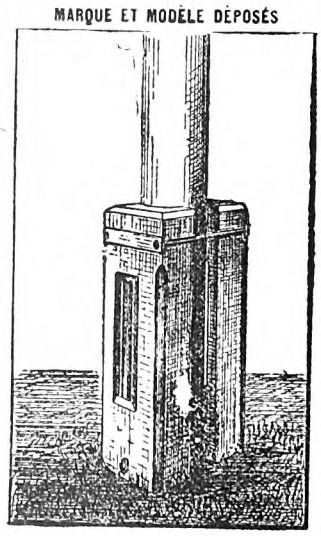
Pour empêcher la destruction rapide de vos lignes électriques sur poteaux en bois exigez le

SOCLE "POTOFIX"

EN BÉTON ARMÉ

Agréé par les Secteurs de la Région Parisienne

MARQUE ET MODÈLE DÉPOSÉS



Extrêmement robuste
Montage simple et rapide
Pas de saillie dangereuse
Transport et Magasinage facile
Encombrement minimum

Entretien nul
Pas de perçage du poteau
Aération parfaite
Aspect esthétique
Stabilité maximum

S. DAVI

CONSTRUCTEUR

9, rue Emilio-Castelar, PARIS (6e)
Téléph. : Diderot 36-81

Le SOCLE "POTOFIX" ajouré est adopté par la Cie Ouest-Lumière

NOMBREUSES RÉFÉRENCES
R. C. Seine 187-126.

RENSEIGNEMENTS ET PRIX SUR DEMANDE

Société Anonyme des Établissements

GINDRE-DUCHAVANY

CAPITAL : 6000000 DE FRANCS

LYON -:- 56, Avenue de Noailles, 56 -:- LYON
R. de C. Lyon, B. 4498.

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE, système C. LIMB

Dynamos génératrices, réceptrices, transformatrices, à courant continu ou alternatif — Dynamos à basse tension pour électrolyse — Commutatrices — Électromoteurs, Transformateurs de tension ou d'intensité — Ventilateurs et pompes électriques — Essoreuses électriques à une ou plusieurs vitesses, même très différentes.

CUIVRE rouge en barres et en bandes — **LAITON** rond, à 6 pans, et profilés — **MAILLECHORT, ALUMINIUM** en fils — **TRAITS** et **LAMES, OR** faux, rosette, **ARGENT** faux, mi-fin et fin — **PAILLONS**

Digitized by Google

TECHNOLOGY DIVISION

Année N° 832 25 Février 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

FONDÉE PAR E. HOSPITALIER

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

FONDATEURS

MM.

BDANK-ABAKANOWICZ, Ingénieur-Conseil;
ENÉ ARNOUX, Ingénieur;
AUL BARBIER, Électricien;
ARDON, Constructeur;
. CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur;
OMPAGNIE CONTINENTALE ÉDISON;
OMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON;
RAGER, Administrateur de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs;
. FONTAINE, Ingénieur civil;
. GARNOT, Ingénieur, Entrepreneur de Stations centrales d'énergie électrique;
H.-ÉD. GUILLAUME, Directeur du Bureau intern. des Poids et Mesures;
EAN-JACQUES HEILMANN, Ingénieur;
. HOSPITALIER, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'Ecole de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris;
OURY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de fils et câbles électriques;
. JULIEN, Ingénieur;
. LAFFARGUE, Ingénieur-Électricien;
. LAHURE, Imprimeur-Éditeur;
. LEMONNIER, Ingénieur;

MM.

AUG. LALANCE, Administrateur-Délégué de la Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy;
MAISON BREGUET;
G. MASSON, Libraire-Éditeur;
MENIER, Manufacturier;
CH. MILDÉ, Constructeur-Électricien;
LOUIS MORS, Ingénieur des Arts et Manufactures;
R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures;
POSTEL-VINAY, Ingénieur-Constructeur;
JULES RICHARD, fondateur et successeur de la maison Richard frères;
F. DE ROMILLY;
G. ROUX, ancien Directeur du Bureau de contrôle des installations électriques;
SCHNEIDER ET Cie, Usines du Creusot;
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES;
SOCIÉTÉ ANONYME CANCE;
SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ;
SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX;
GASTON TISSANDIER, Directeur de *La Nature*;
LAZARE WEILLER, Manufacturier.

ABONNEMENTS { Paris et Départements : Un an. . . . . 30 francs
Union Postale : Un an. . . . . 40 francs

PRIX DU NUMÉRO : 1 fr. 50
Pour l'Etranger : 2 fr.

Directeur : **A. LAHURE**

Rédacteur en Chef : **A. SOULIER**
EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE

RÉDACTION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI°)
Téléphone : Ségur 04-23

ADMINISTRATION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI°)
Téléphone : Ségur 04-44

PARIS
A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
9, RUE DE FLEURUS, 9 (VI° ARROND.)

Digitized by Google

ENREGISTREURS

ANCIENNE MAISON
RICHARD Frères

Demander le catalogue
25, Rue MÉLINGUE, Paris

RICHARD

Par la surveillance constante et le contrôle qu'ils exercent sur toutes les opérations industrielles, ils permettent de réaliser de notables économies qui amortissent très rapidement le prix de l'appareil.

APPAREILS DE MESURES POUR TABLEAUX

Courant continu et courants alternatifs
Ampèremètres. — Voltmètres.
Wattmètres. — Boîtes de contrôle.
Ohmmètres. — Milli-ampèremètres.

Contrôle de la marche des usines

Manomètres.
Indicateurs et enregistreurs de tirage.
Indicateurs dynamométriques.
Cinémomètres.
Indicateurs de niveau sur place et à distance.
Thermomètres. — Pyromètres.
Hygromètres, etc.

Grands Prix aux Expositions universelles et internationales

A LA MÊME MAISON

LE VÉRASCOPE ET LE GLYPHOSCOPE
Appareils de photographie stéréoscopique

VENTE AU DÉTAIL : 10, rue Halévy (Opéra)

Fournisseur des principales Compagnies d'Éclairage électrique et de Transport de Force.

Société Anᵉ des Établissements Jules RICHARD
au capital de six millions de francs
25, RUE MELINGUE, PARIS
R. C. Seine, N° 174-227.

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ

MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4.000.000 DE FR
11, rue Petit, 11 — CLICHY (Seine)
Registre du Commerce : Seine N° 208.871 B. Téléph. : Marcadet 25-57

USINES A CLICHY ET A SENS

FONDERIE DE FER

FONTES MÉCANIQUES POUR L'INDUSTRIE ÉLECTR
MOULAGE MÉCANIQUE — PIÈCES EN SÉRIE
PIÈCES SUR PLANS, SUR MODÈLES OU TROU

Câble tripolaire avec armature de torons de fils d'acier pour toutes tensions en usage.

CABLES SOUTERRAINS

Fils et câbles isolés au caoutchouc

CABLES TÉLÉPHONIQUES ET TÉLÉGRAPHIQUES

TUBES ISOLATEURS

ISOLANTS MOULÉS ←→ PIÈCES MOULÉES

Forges et Ateliers de Constructions électri

DE

JEUMONT

Société anonyme au capital de **80 000 000** de fra
Siège social : 75, Boulevard Haussmann, PARIS
R. C. Seine N° 167.217
Direction générale à JEUMONT (Nord

AGENCES PRINCIPALES A :

PARIS : 49, rue des Mathurins.
MARSEILLE : 39, rue Thubanneau.
BORDEAUX : 3bis cours de Tournon.
NANTES : 5, Quai Fosse.
ROUEN : 16, rue du Bac.
LYON : 53, Cours de la Liberté.
NANCY : 53, rue du Faubourg-Saint-Je
LILLE : 7, rue de Pas.
STRASBOURG : 5, rue Kuhn.

Digitized by Google

TECHNOLOGY DIVISION

Année. N° 833 10 Mars 1927

INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

FONDÉE PAR E. HOSPITALIER

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

FONDATEURS

MM.

DANK-ABAKANOWICZ, Ingénieur-Conseil;
NÉ ARNOUX, Ingénieur;
UL BARBIER, Électricien;
RDON, Constructeur;
CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur;
MPAGNIE CONTINENTALE ÉDISON;
MPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON;
AGER, Administrateur de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs;
FONTAINE, Ingénieur civil;
GARNOT, Ingénieur, Entrepreneur de Stations centrales d'énergie électrique;
.-ÉD. GUILLAUME, Directeur du Bureau intern. des Poids et Mesures;
AN-JACQUES HEILMANN, Ingénieur;
HOSPITALIER, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'Ecole de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris;
URY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de fils et câbles électriques;
JULIEN, Ingénieur;
LAFFARGUE, Ingénieur-Électricien;
LAHURE, Imprimeur-Éditeur;
LEMONNIER, Ingénieur;

MM.

AUG. LALANCE, Administrateur-Délégué de la Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy;
MAISON BREGUET;
G. MASSON, Libraire-Éditeur;
MENIER, Manufacturier;
CH. MILDÉ, Constructeur-Électricien;
LOUIS MORS, Ingénieur des Arts et Manufactures;
R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures;
POSTEL-VINAY, Ingénieur-Constructeur;
JULES RICHARD, fondateur et successeur de la maison Richard frères;
F. DE ROMILLY;
G. ROUX, ancien Directeur du Bureau de contrôle des installations électriques;
SCHNEIDER ET Cie, Usines du Creusot;
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES;
SOCIÉTÉ ANONYME CANCE;
SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ;
SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX;
GASTON TISSANDIER, Directeur de *La Nature*;
LAZARE WEILLER, Manufacturier.

ABONNEMENTS { Paris et Départements : Un an. . . . . 30 francs
Union Postale : Un an. . . . . 40 francs

PRIX DU NUMÉRO : 1 fr. 50
Pour l'Etranger : 2 fr.

Directeur : A. LAHURE

Rédacteur en Chef : A. SOULIER
EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE.

RÉDACTION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI^e^)
Téléphone : Ségur 04-23

ADMINISTRATION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI^e^)
Téléphone : Ségur 04-44

PARIS
A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
9, RUE DE FLEURUS, 9 (VI^e^ ARROND.)

Digitized by Google

ENREGISTREURS

ANCIENNE MAISON
RICHARD Frères

Demander le catalogue
25, Rue MÉLINGUE, Paris

RICHARD

Par la surveillance constante et le contrôle qu'ils exercent sur toutes les opérations industrielles, ils permettent de réaliser de notables économies qui amortissent très rapidement le prix de l'appareil.

APPAREILS DE MESURES POUR TABLEAUX

Courant continu et courants alternatifs
Ampèremètres. — Voltmètres.
Wattmètres. — Boites de contrôle.
Ohmmètres. — Milli-ampèremètres.

Contrôle de la marche des usines

Manomètres.
Indicateurs et enregistreurs de tirage.
Indicateurs dynamométriques.
Cinémomètres.
Indicateurs de niveau sur place et à distance.
Thermomètres. — Pyromètres.
Hygromètres, etc.

Grands Prix aux Expositions universelles et internationales

A LA MÊME MAISON

LE VÉRASCOPE ET LE GLYPHOSCOPE
Appareils de photographie stéréoscopique

VENTE AU DÉTAIL: 10, rue Halévy (Opéra)

Fournisseur des principales Compagnies d'Éclairage électrique et de Transport de Force.

Société Ame des Établissements Jules RICHARD
au capital de six millions de francs
25, RUE MELINGUE, PARIS
R. C. Seine, N° 174-227.

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ

MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4.000.000 DE FR

11, rue Petit, 11 — CLICHY (Seine)

Registre du Commerce ; Seine N° 208.871 B. Téléph. : Marcadet 25-87

USINES A CLICHY ET A SENS

FONDERIE DE FER

FONTES MÉCANIQUES POUR L'INDUSTRIE ÉLECTR
MOULAGE MÉCANIQUE — PIÈCES EN SÉRIE
PIÈCES SUR PLANS, SUR MODÈLES OU TROU

BALAIS LE CARBONE
PILES LE CARBONE

Balais en charbon et compositions graphite et cuivre pour machines électriques

CHARBONS POUR MICROPHONES
ANNEAUX POUR JOINTS DE VAPEUR

PILES ÉLECTRIQUES DE TOUS SYSTÈMES

LE CARBONE

Société Anonyme. Capital : 2.800.000 Fr.
37, rue de Paris, GENNEVILLIERS (Seine)
R. C. Seine, N° 11.699.

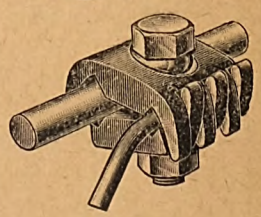
PRONER ET C

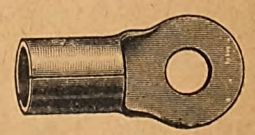
Anciens Établissements ZUFALL

COSSES et RACCORD

POUR INSTALLATION DE LIGNES ET POSTES ÉLECTR
EN BASSE ET HAUTE TENSION

Découpage et Emboutissage





USINE ET BUREAUX :
89, Rue de la Roquette — PARIS
Tél. : Roquette 80-28 CATALOGUE SUR

A. POULAIN

CONSTRUCTEUR-ÉLECTRICIEN

Bureaux et Usines : 8 et 10, rue de la Chine
PARIS (XXe)

Téléphone : ROQUETTE 12-74 et 82-17

GROS ET PETIT APPAREILLAGE

SPÉCIALITÉS DE DOUILLES TOUS MODÈLES

Interrupteurs, Prise de courant, Coupe-circuit, etc.
Appareils de tableaux, Matériel de colonnes

Digitized by Google

TECHNOLOGY DIVISION

46e Année. N° 834 25 Mars 1927

APR 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

FONDÉE PAR E. HOSPITALIER

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

FONDATEURS

MM.

ABDANK-ABAKANOWICZ, Ingénieur-Conseil;
RENÉ ARNOUX, Ingénieur;
PAUL BARBIER, Électricien;
BARDON, Constructeur;
J. CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur;
COMPAGNIE CONTINENTALE ÉDISON;
COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON;
FRAGER, Administrateur de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs;
H. FONTAINE, Ingénieur civil;
X. GARNOT, Ingénieur, Entrepreneur de Stations centrales d'énergie électrique;
CH.-ÉD. GUILLAUME, Directeur du Bureau intern. des Poids et Mesures;
JEAN-JACQUES HEILMANN, Ingénieur;
E. HOSPITALIER, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'Ecole de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris;
HOURY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de fils et câbles électriques;
E. JULIEN, Ingénieur;
J. LAFFARGUE, Ingénieur-Électricien;
A. LAHURE, Imprimeur-Éditeur;
P. LEMONNIER, Ingénieur;

MM.

AUG. LALANCE, Administrateur-Délégué de la Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy;
MAISON BREGUET;
G. MASSON, Libraire-Éditeur;
MENIER, Manufacturier;
CH. MILDÉ, Constructeur-Électricien;
LOUIS MORS, Ingénieur des Arts et Manufactures;
R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures;
POSTEL-VINAY, Ingénieur-Constructeur;
JULES RICHARD, fondateur et successeur de la maison Richard frères;
F. DE ROMILLY;
G. ROUX, ancien Directeur du Bureau de contrôle des installations électriques;
SCHNEIDER ET Cie, Usines du Creusot;
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES;
SOCIÉTÉ ANONYME CANCE;
SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ
SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX;
GASTON TISSANDIER, Directeur de *La Nature*;
LAZARE WEILLER, Manufacturier.

ABONNEMENTS { Paris et Départements : Un an. . . . . 30 francs
Union Postale : Un an. . . . . 40 francs

PRIX DU NUMÉRO : 1 fr. 50
Pour l'Etranger : 2 fr.

Directeur : **A. LAHURE**

Rédacteur en Chef : **A. SOULIER**
EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE

RÉDACTION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI°)
Téléphone : Ségur 04-23

ADMINISTRATION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI°)
Téléphone : Ségur 04-44

PARIS
A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
9, RUE DE FLEURUS, 9 (VI° ARROND.)

Digitized by Google

ENREGISTREURS

ANCIENNE MAISON
RICHARD Frères

Demander le catalogue
25, Rue MÉLINGUE, Paris

RICHARD

Par la surveillance constante et le contrôle qu'ils exercent sur toutes les opérations industrielles, ils permettent de réaliser de notables économies qui amortissent très rapidement le prix de l'appareil.

APPAREILS DE MESURES POUR TABLEAUX

Courant continu et courants alternatifs
Ampèremètres. — Voltmètres.
Wattmètres. — Boîtes de contrôle.
Ohmmètres. — Milli-ampèremètres.

Contrôle de la marche des usines

Manomètres.
Indicateurs et enregistreurs de tirage.
Indicateurs dynamométriques.
Cinémomètres.
Indicateurs de niveau sur place et à distance.
Thermomètres. — Pyromètres.
Hygromètres, etc.

Grands Prix aux Expositions universelles et internationales

A LA MÊME MAISON

LE VÉRASCOPE ET LE GLYPHOSCOPE
Appareils de photographie stéréoscopique

VENTE AU DÉTAIL: 10, rue Halévy (Opéra)

Fournisseur des principales Compagnies d'Éclairage électrique et de Transport de Force.

Société Anᵐᵉ des Établissements Jules RICHARD
au capital de six millions de francs
25, RUE MELINGUE, PARIS
R. C. Seine, N° 174-227

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ

MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4.000.000 DE FRA

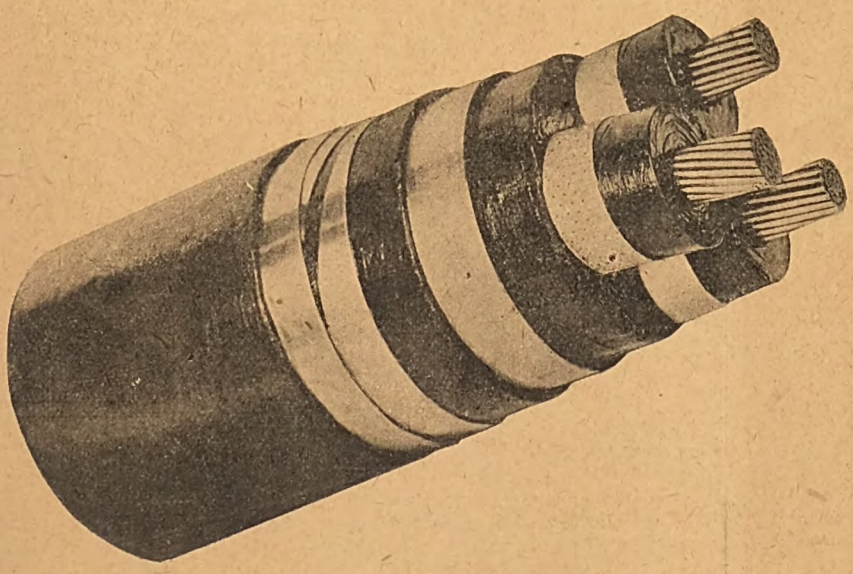
11, rue Petit, 11 — CLICHY (Seine)

Registre du Commerce ; Seine N° 208.871 B. Téléph. : Marcadet 25-57

USINES A CLICHY ET A SENS

FONDERIE DE FER

FONTES MÉCANIQUES POUR L'INDUSTRIE ÉLECTR
MOULAGE MÉCANIQUE — PIÈCES EN SÉRIE
PIÈCES SUR PLANS, SUR MODÈLES OU TROUS



Câble de 3 × 150 m/m² — 60.000 volts isolé au papier imprégné sous plomb et armé pouvant transporter 25.000 KW. — Cos $\varphi = 0,8$.

CABLES en tous genres et pour toutes tensions en usage

CUIVRE NU — TUBES ISOLATEURS

ISOLANTS MOULÉS — PIÈCES MOULÉES

Forges et Ateliers de Constructions électr

DE

JEUMONT

Société anonyme au capital de 80 000 000 de fra

Siège social : 75, Boulevard Haussmann, PARIS

R. C. Seine N° 167.217

Direction générale à JEUMONT (Nord

AGENCES PRINCIPALES A :

PARIS : 49, rue des Mathurins.
MARSEILLE : 39, rue Thubanneau.
BORDEAUX : 3bis cours de Tournon.
NANTES : 5, Quai Fosse.
ROUEN : 16, rue du Bac.
LYON : 53, Cours de la Liberté.
NANCY : 53, rue du Faubourg Saint-Je
LILLE : 7, rue de Pas.
STRASBOURG : 5, rue Kuhn.

Digitized by Google

TECHNOLOGY DIVISION

e Année — N° 835 — 10 Avril 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE
ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

FONDÉE PAR E. HOSPITALIER

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

FONDATEURS

MM.
ABDANK-ABAKANOWICZ, Ingénieur-Conseil;
RENÉ ARNOUX, Ingénieur;
PAUL BARBIER, Électricien;
BARDON, Constructeur;
J. CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur;
COMPAGNIE CONTINENTALE ÉDISON;
COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON;
FRAGER, Administrateur de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs;
H. FONTAINE, Ingénieur civil;
X. GARNOT, Ingénieur, Entrepreneur de Stations centrales d'énergie électrique;
CH.-ÉD. GUILLAUME, Directeur du Bureau intern. des Poids et Mesures;
JEAN-JACQUES HEILMANN, Ingénieur;
E. HOSPITALIER, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'Ecole de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris;
HOURY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de fils et câbles électriques;
E. JULIEN, Ingénieur;
J. LAFFARGUE, Ingénieur-Électricien;
A. LAHURE, Imprimeur-Éditeur;
P. LEMONNIER, Ingénieur;

MM.
AUG. LALANCE, Administrateur-Délégué de la Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy;
MAISON BREGUET;
G. MASSON, Libraire-Éditeur;
MENIER, Manufacturier;
CH. MILDÉ, Constructeur-Électricien;
LOUIS MORS, Ingénieur des Arts et Manufactures;
R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures;
POSTEL-VINAY, Ingénieur-Constructeur;
JULES RICHARD, fondateur et successeur de la maison Richard frères;
F. DE ROMILLY;
G. ROUX, ancien Directeur du Bureau de contrôle des installations électriques;
SCHNEIDER ET Cie, Usines du Creusot;
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES;
SOCIÉTÉ ANONYME CANCE;
SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ;
SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX;
GASTON TISSANDIER, Directeur de *La Nature*;
LAZARE WEILLER, Manufacturier.

ABONNEMENTS { Paris et Départements : Un an. . . . . 30 francs
Union Postale : Un an. . . . . 40 francs

PRIX DU NUMÉRO : 1 fr. 60
Pour l'Étranger : 2 fr. 50

Directeur : **A. LAHURE**

Rédacteur en Chef : **A. SOULIER**
EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE

RÉDACTION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI°)
Téléphone : Ségur 04-23 - 04-44

ADMINISTRATION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI°)
Chèques Postaux : Paris 920-28

PARIS
A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
9, RUE DE FLEURUS, 9 (VI° ARROND.)

Digitized by Google

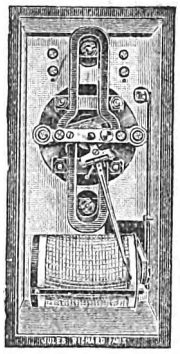
ENREGISTREURS

ANCIENNE MAISON
RICHARD Frères

Demander le catalogue
25, Rue MÉLINGUE, Paris

RICHARD

Par la surveillance constante et le contrôle qu'ils exercent sur toutes les opérations industrielles, ils permettent de réaliser de notables économies qui amortissent très rapidement le prix de l'appareil.



APPAREILS DE MESURES POUR TABLEAUX

Courant continu et courants alternatifs
Ampèremètres. — Voltmètres.
Wattmètres. — Boîtes de contrôle.
Ohmmètres. — Milli-ampèremètres.

Contrôle de la marche des usines

Manomètres.
Indicateurs et enregistreurs de tirage.
Indicateurs dynamométriques.
Cinémomètres.
Indicateurs de niveau sur place et à distance.
Thermomètres. — Pyromètres.
Hygromètres, etc.

Grands Prix aux Expositions universelles et internationales

A LA MÊME MAISON

LE VÉRASCOPE ET LE GLYPHOSCOPE
Appareils de photographie stéréoscopique

VENTE AU DÉTAIL: 10, rue Halévy (Opéra)

Fournisseur des principales Compagnies d'Éclairage électrique et de Transport de Force.

Société Ame des Établissements Jules RICHARD
au capital de six millions de francs
25, RUE MELINGUE, PARIS
R. C. Seine, N° 174-227.

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ

MORS

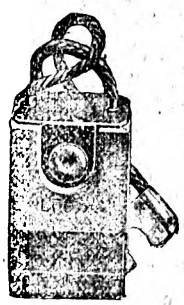
SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4.000.000 DE FRS
11, rue Petit, 11 — CLICHY (Seine)
Registre du Commerce : Seine N° 208.871 B. Téléph. : Marcadet 25-57

USINES A CLICHY ET A SENS

FONDERIE DE FER

FONTES MÉCANIQUES POUR L'INDUSTRIE ÉLECTRI
MOULAGE MÉCANIQUE — PIÈCES EN SÉRIE
PIÈCES SUR PLANS, SUR MODÈLES OU TROUS

BALAIS LE CARBONE
PILES LE CARBONE



Balais en charbon et compositions graphite et cuivre pour machines électriques

CHARBONS POUR MICROPHONES
ANNEAUX POUR JOINTS DE VAPEUR

PILES ÉLECTRIQUES DE TOUS SYSTÈMES

LE CARBONE

Société Anonyme. Capital : 2.800.000 Fr.
37, rue de Paris, GENNEVILLIERS (Seine)
R. C. Seine, N° 11.699.

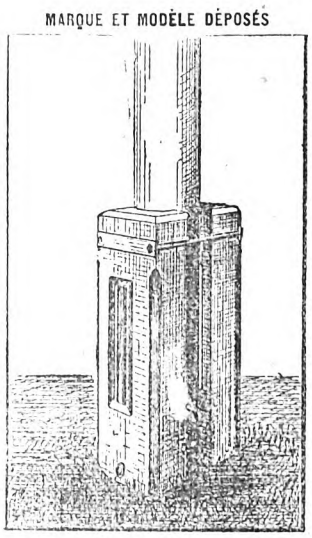
Pour empêcher la destruction rapide de vos lignes électriques sur poteaux en bois exigez le

SOCLE "POTOFIX"

EN BÉTON ARMÉ

Agréé par les Secteurs de la Région Parisienne

MARQUE ET MODÈLE DÉPOSÉS



Extrêmement robuste
Montage simple et rapide
Pas de saillie dangereuse
Transport et Magasinage faciles
Encombrement minimum

Entretien nul
Pas de perçage du poteau
Aération parfaite
Aspect esthétique
Stabilité maximum

S. DAVI

CONSTRUCTEUR

9, rue Emilio-Castelar, PARIS
Téléph. : Diderot 56-61

Le SOCLE "POTOFIX" ajouré
est adopté par la Cie Ouest-Lumière

NOMBREUSES RÉFÉRENCES
R. C. Seine 187-126.

RENSEIGNEMENTS ET PRIX SUR DEMANDE

Société Anonyme des Établissements

GINDRE-DUCHAVANY

CAPITAL : 6000000 DE FRANCS

LYON -:- 56, Avenue de Noailles, 56 -:- LYON
R. de C. Lyon, B. 1498.

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE, système C. LIMB

Dynamos génératrices, réceptrices, transformatrices, à courant continu ou alternatif — Dynamos à basse tension pour électrolyse — Commutatrices — Électromoteurs, Transformateurs de tension ou d'intensité — Ventilateurs et pompes électriques — Essoreuses électriques à une ou plusieurs vitesses, même très différentes.

CUIVRE rouge en barres et en bandes — **LAITON** rond, à 6 pans, et profilés — **MAILLECHORT, ALUMINIUM** en fils — **TRAITS** et **LAMES, OR** faux, rosette, **ARGENT** faux, mi-fin et fin — **PAILLONS**

Digitized by Google

TECHNOLOGY DIVISION

36e Année. N° 836 25 Avril 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE
ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

FONDÉE PAR E. HOSPITALIER

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

FONDATEURS

MM.
ABDANK-ABAKANOWICZ, Ingénieur-Conseil ;
RENÉ ARNOUX, Ingénieur ;
PAUL BARBIER, Électricien ;
BARDON, Constructeur ;
J. CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur ;
COMPAGNIE CONTINENTALE ÉDISON ;
COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON ;
FRAGER, Administrateur de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs ;
H. FONTAINE, Ingénieur civil ;
X. GARNOT, Ingénieur, Entrepreneur de Stations centrales d'énergie électrique ;
CH.-ÉD. GUILLAUME, Directeur du Bureau intern. des Poids et Mesures ;
JEAN-JACQUES HEILMANN, Ingénieur ;
E. HOSPITALIER, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'Ecole de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris ;
HOURY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de fils et câbles électriques ;
E. JULIEN, Ingénieur ;
J. LAFFARGUE, Ingénieur-Électricien ;
A. LAHURE, Imprimeur-Éditeur ;
P. LEMONNIER, Ingénieur ;

MM.
AUG. LALANCE, Administrateur-Délégué de la Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy ;
MAISON BREGUET ;
G. MASSON, Libraire-Éditeur ;
MENIER, Manufacturier ;
CH. MILDÉ, Constructeur-Électricien ;
LOUIS MORS, Ingénieur des Arts et Manufactures ;
R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures ;
POSTEL-VINAY, Ingénieur-Constructeur ;
JULES RICHARD, fondateur et successeur de la maison Richard frères ;
F. DE ROMILLY ;
G. ROUX, ancien Directeur du Bureau de contrôle des installations électriques ;
SCHNEIDER ET Cie, Usines du Creusot ;
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES ;
SOCIÉTÉ ANONYME CANCE ;
SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ ;
SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX ;
GASTON TISSANDIER, Directeur de *La Nature* ;
LAZARE WEILLER, Manufacturier.

ABONNEMENTS { Paris et Départements : Un an. . . . . 30 francs
Union Postale : Un an. . . . . 40 francs

PRIX DU NUMÉRO : 1 fr. 60
Pour l'Étranger : 2 fr. 50

Directeur : **A. LAHURE**

Rédacteur en Chef : **A. SOULIER**
EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE

RÉDACTION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI°)
Téléphone : Ségur 04-23-04-44

ADMINISTRATION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI°)
Chèques Postaux : Paris 920-28

PARIS
A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
9, RUE DE FLEURUS, 9 (VIe ARROND.)

Digitized by Google

ENREGISTREURS

ANCIENNE MAISON
RICHARD Frères

Demander le catalogue
25, Rue MÉLINGUE, Paris

RICHARD

Par la surveillance constante et le contrôle qu'ils exercent sur toutes les opérations industrielles, ils permettent de réaliser de notables économies qui amortissent très rapidement le prix de l'appareil.

APPAREILS DE MESURES POUR TABLEAUX

Courant continu et courants alternatifs
Ampèremètres. — Voltmètres.
Wattmètres. — Boîtes de contrôle.
Ohmmètres. — Milli-ampèremètres.

Contrôle de la marche des usines

Manomètres.
Indicateurs et enregistreurs de tirage.
Indicateurs dynamométriques.
Cinémomètres.
Indicateurs de niveau sur place et à distance.
Thermomètres. — Pyromètres.
Hygromètres, etc.

Grands Prix aux Expositions universelles et internationales

A LA MÊME MAISON

LE VÉRASCOPE ET LE GLYPHOSCOPE
Appareils de photographie stéréoscopique

VENTE AU DÉTAIL : 10, rue Halévy (Opéra)

Fournisseur des principales Compagnies d'Éclairage électrique et de Transport de Force.

Société Anᵉ des Établissements Jules RICHARD
au capital de six millions de francs
25, RUE MELINGUE, PARIS
R. C. Seine, N° 174-227.

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ

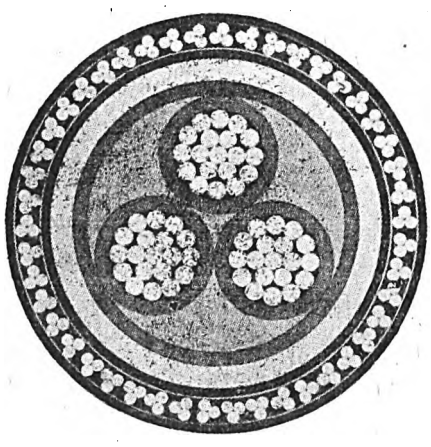
MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4.000.000 DE FRANCS
11, rue Petit, 11 — CLICHY (Seine)
Registre du Commerce ; Seine N° 208.871 B. Téléph. : Marcadet 25-57-1

USINES A CLICHY ET A SENS

FONDERIE DE FER

FONTES MÉCANIQUES POUR L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE
MOULAGE MÉCANIQUE — PIÈCES EN SÉRIE
PIÈCES SUR PLANS, SUR MODÈLES OU TROUSSEAUX



Câble tripolaire avec armature de torons de fils d'acier pour toutes tensions en usage.

CABLES SOUTERRAINS

Fils et câbles isolés au caoutchouc

CABLES TÉLÉPHONIQUES ET TÉLÉGRAPHIQUES

TUBES ISOLATEURS

ISOLANTS MOULÉS ⟷ PIÈCES MOULÉES

Forges et Ateliers de Constructions électriques

DE

JEUMONT

Société anonyme au capital de 80 000 000 de francs
Siège social : 75, Boulevard Haussmann, PARIS
R. C. Seine N° 167.217
Direction générale à JEUMONT (Nord)

AGENCES PRINCIPALES A :

PARIS : 49, rue des Mathurins.
MARSEILLE : 39, rue Thubanneau.
BORDEAUX : 3bis cours de Tournon.
NANTES : 5, Quai Fosse.
ROUEN : 16, rue du Bac.
LYON : 53, Cours de la Liberté.
NANCY : 53, rue du Faubourg-Saint-Jean
LILLE : 7, rue de Pas.
STRASBOURG : 5, rue Kuhn.

Digitized by Google

Je 15'27

36e Année. — N° 837 — 10 Mai 1927

TECHNOLOGY DIVISION

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

FONDÉE PAR E. HOSPITALIER

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

FONDATEURS

MM.

ABDANK-ABAKANOWICZ, Ingénieur-Conseil ;
RENÉ ARNOUX, Ingénieur ;
PAUL BARBIER, Électricien ;
BARDON, Constructeur ;
J. CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur ;
COMPAGNIE CONTINENTALE ÉDISON ;
COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON ;
FRAGER, Administrateur de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs ;
H. FONTAINE, Ingénieur civil ;
X. GARNOT, Ingénieur, Entrepreneur de Stations centrales d'énergie électrique ;
CH.-ÉD. GUILLAUME, Directeur du Bureau intern. des Poids et Mesures ;
JEAN-JACQUES HEILMANN, Ingénieur ;
E. HOSPITALIER, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'Ecole de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris ;
HOURY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de fils et câbles électriques ;
E. JULIEN, Ingénieur ;
J. LAFFARGUE, Ingénieur-Électricien ;
A. LAHURE, Imprimeur-Éditeur ;
P. LEMONNIER, Ingénieur ;

MM.

AUG. LALANCE, Administrateur-Délégué de la Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy ;
MAISON BREGUET ;
G. MASSON, Libraire-Éditeur ;
MENIER, Manufacturier ;
CH. MILDÉ, Constructeur-Électricien ;
LOUIS MORS, Ingénieur des Arts et Manufactures ;
R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures ;
POSTEL-VINAY, Ingénieur-Constructeur ;
JULES RICHARD, fondateur et successeur de la maison Richard frères ;
F. DE ROMILLY ;
G. ROUX, ancien Directeur du Bureau de contrôle des installations électriques ;
SCHNEIDER ET Cie, Usines du Creusot ;
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES ;
SOCIÉTÉ ANONYME CANCE ;
SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ ;
SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX ;
GASTON TISSANDIER, Directeur de *La Nature* ;
LAZARE WEILLER, Manufacturier.

ABONNEMENTS { Paris et Départements : Un an. . . . . 30 francs
Union Postale : Un an. . . . . 40 francs

PRIX DU NUMÉRO : 1 fr. 60
Pour l'Étranger : 2 fr. 50

Directeur : **A. LAHURE**

Rédacteur en Chef : **A. SOULIER**
EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE

RÉDACTION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI^e^)
Téléphone : Ségur 04-23 - 04-44

ADMINISTRATION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI^e^)
Chèques Postaux ; Paris 920-28

PARIS
A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
9, RUE DE FLEURUS, 9 (VI^e^ ARROND.)

Digitized by Google

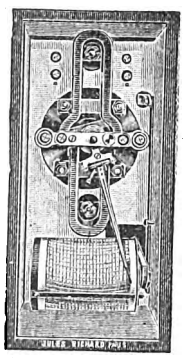
ENREGISTREURS

ANCIENNE MAISON
RICHARD Frères

Demander le catalogue
25, Rue MÉLINGUE, Paris

RICHARD

Par la surveillance constante et le contrôle qu'ils exercent sur toutes les opérations industrielles, ils permettent de réaliser de notables économies qui amortissent très rapidement le prix de l'appareil.



APPAREILS DE MESURES POUR TABLEAUX

Courant continu et courants alternatifs
Ampèremètres. — Voltmètres.
Wattmètres. — Boites de contrôle.
Ohmmètres. — Milli-ampèremètres.

Contrôle de la marche des usines

Manomètres.
Indicateurs et enregistreurs de tirage.
Indicateurs dynamométriques.
Cinémomètres.
Indicateurs de niveau sur place et à distance.
Thermomètres. — Pyromètres.
Hygromètres, etc.

Grands Prix aux Expositions universelles et internationales

A LA MÊME MAISON

LE VÉRASCOPE ET LE GLYPHOSCOPE
Appareils de photographie stéréoscopique

VENTE AU DÉTAIL : 10, rue Halévy (Opéra)

Fournisseur des principales Compagnies d'Éclairage électrique et de Transport de Force.

Société Anme des Établissements Jules RICHARD
au capital de six millions de francs
25, RUE MELINGUE, PARIS
R. C. Seine, N° 174-227.

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ

MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4.000.000 DE FR
11, rue Petit, 11 — CLICHY (Seine)
Registre du Commerce ; Seine N° 208.871 B. Téléph. : Marcadet 25-57

USINES A CLICHY ET A SENS

FONDERIE DE FER

FONTES MÉCANIQUES POUR L'INDUSTRIE ÉLECTR
MOULAGE MÉCANIQUE — PIÈCES EN SÉRIE
PIÈCES SUR PLANS, SUR MODÈLES OU TROUS

BALAIS LE CARBONE
PILES LE CARBONE

Balais en charbon et compositions graphite et cuivre pour machines électriques

CHARBONS POUR MICROPHONES
ANNEAUX POUR JOINTS DE VAPEUR

PILES ÉLECTRIQUES DE TOUS SYSTÈMES

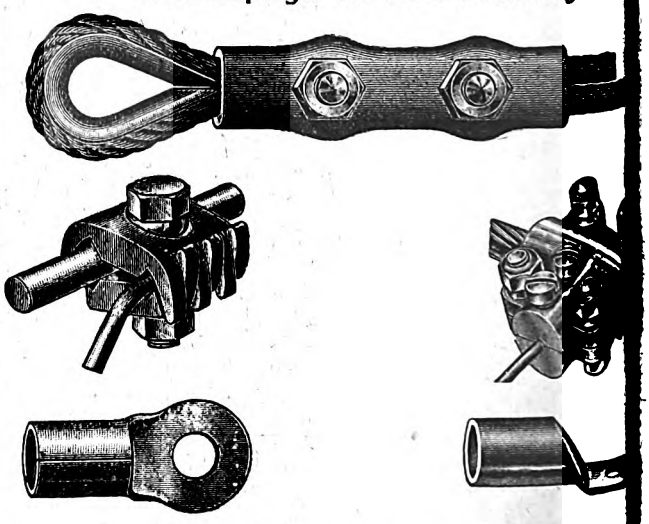
LE CARBONE
Société Anonyme. Capital : 2.800.000 Fr.
37, rue de Paris, GENNEVILLIERS (Seine)
R. C. Seine, N° 11.699.

PRONER ET C

Anciens Établissements ZUFALL

COSSES et RACCORD
POUR INSTALLATION DE LIGNES ET POSTES ÉLECTR
EN BASSE ET HAUTE TENSION

Découpage et Emboutissage



USINE ET BUREAUX :
89, Rue de la Roquette — PARIS
Tél. : Roquette 80-28
CATALOGUE SUR DE

A. POULAIN

CONSTRUCTEUR-ÉLECTRICIEN

Bureaux et Usines : 8 et 10, rue de la Chine
PARIS (XX^e^)

Téléphone : ROQUETTE 12-74 et 82-17

GROS ET PETIT APPAREILLAGE
SPÉCIALITÉS DE DOUILLES TOUS MODÈLES

Interrupteurs, Prise de courant, Coupe-circuit, etc.
Appareils de tableaux, Matériel de colonnes

Digitized by Google

TECHNOLOGY DIVISION

[illegible]e Année. N° 838 25 Mai 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

FONDÉE PAR E. HOSPITALIER

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

FONDATEURS

MM.

ABDANK-ABAKANOWICZ, Ingénieur-Conseil ;
RENÉ ARNOUX, Ingénieur ;
PAUL BARBIER, Électricien ;
BARDON, Constructeur ;
J. CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur ;
COMPAGNIE CONTINENTALE ÉDISON ;
COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON ;
FRAGER, Administrateur de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs ;
H. FONTAINE, Ingénieur civil ;
X. GARNOT, Ingénieur, Entrepreneur de Stations centrales d'énergie électrique ;
CH.-ÉD. GUILLAUME, Directeur du Bureau intern. des Poids et Mesures ;
JEAN-JACQUES HEILMANN, Ingénieur ;
E. HOSPITALIER, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'Ecole de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris ;
HOURY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de fils et câbles électriques ;
E. JULIEN, Ingénieur ;
J. LAFFARGUE, Ingénieur-Électricien ;
A. LAHURE, Imprimeur-Éditeur ;
P. LEMONNIER, Ingénieur ;

MM.

AUG. LALANCE, Administrateur-Délégué de la Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy ;
MAISON BREGUET ;
G. MASSON, Libraire-Éditeur ;
MENIER, Manufacturier ;
CH. MILDÉ, Constructeur-Électricien ;
LOUIS MORS, Ingénieur des Arts et Manufactures ;
R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures ;
POSTEL-VINAY, Ingénieur-Constructeur ;
JULES RICHARD, fondateur et successeur de la maison Richard frères ;
F. DE ROMILLY ;
G. ROUX, ancien Directeur du Bureau de contrôle des installations électriques ;
SCHNEIDER ET Cie, Usines du Creusot ;
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES ;
SOCIÉTÉ ANONYME CANCE ;
SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ ;
SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX ;
GASTON TISSANDIER, Directeur de *La Nature* ;
LAZARE WEILLER, Manufacturier.

ABONNEMENTS { Paris et Départements : Un an. . . . . 30 francs
Union Postale : Un an. . . . . 40 francs

PRIX DU NUMÉRO : 1 fr. 60
Pour l'Étranger : 2 fr. 50

Directeur : **A. LAHURE**

Rédacteur en Chef : **A. SOULIER**
EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE

RÉDACTION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI^e^)
Téléphone : Ségur 04-23 - 04-44

ADMINISTRATION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI^e^)
Chèques Postaux ; Paris 920-28

PARIS
A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
9, RUE DE FLEURUS, 9 (VI^e^ ARROND.)

Digitized by Google

ENREGISTREURS

ANCIENNE MAISON
RICHARD Frères

Demander le catalogue
25, Rue MÉLINGUE, Paris

RICHARD

Par la surveillance constante et le contrôle qu'ils exercent sur toutes les opérations industrielles, ils permettent de réaliser de notables économies qui amortissent très rapidement le prix de l'appareil.

APPAREILS DE MESURES POUR TABLEAUX

Courant continu et courants alternatifs
Ampèremètres. — Voltmètres.
Wattmètres. — Boîtes de contrôle.
Ohmmètres. — Milli-ampèremètres.

Contrôle de la marche des usines

Manomètres.
Indicateurs et enregistreurs de tirage.
Indicateurs dynamométriques.
Cinémomètres.
Indicateurs de niveau sur place et à distance.
Thermomètres. — Pyromètres.
Hygromètres, etc.

Grands Prix aux Expositions universelles et internationales

A LA MÊME MAISON

LE VÉRASCOPE ET LE GLYPHOSCOPE
Appareils de photographie stéréoscopique

VENTE AU DÉTAIL : 10, rue Halévy (Opéra)

Fournisseur des principales Compagnies d'Éclairage électrique et de Transport de Force.

Société Anᵐᵉ des Établissements Jules RICHARD
au capital de six millions de francs
25, RUE MELINGUE, PARIS
R. C. Seine, N° 174-227.

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ

MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4.000.000 DE FRANCS

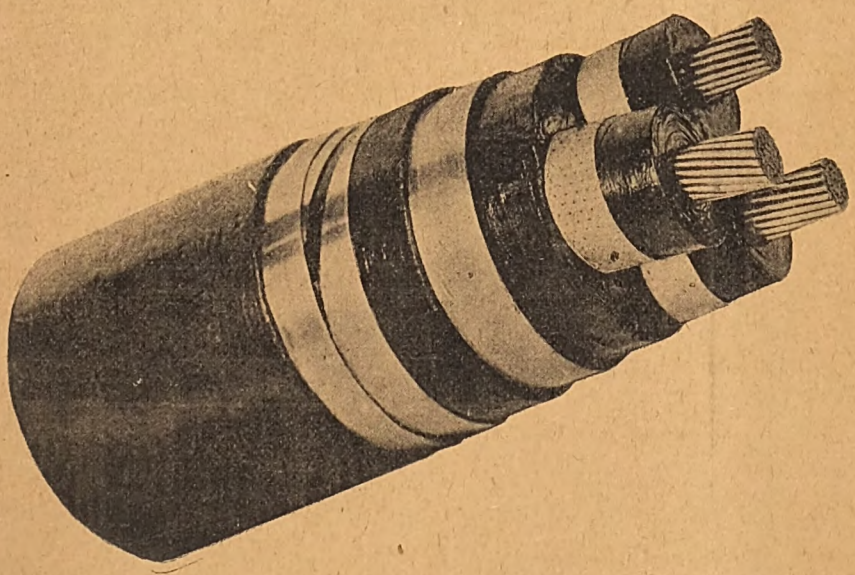
11, rue Petit, 11 — CLICHY (Seine)

Registre du Commerce ; Seine N° 208.871 B. Téléph. : Marcadet 25-57

USINES A CLICHY ET A SENS

FONDERIE DE FER

FONTES MÉCANIQUES POUR L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE
MOULAGE MÉCANIQUE — PIÈCES EN SÉRIE
PIÈCES SUR PLANS, SUR MODÈLES OU TROUSSEAUX



Câble de 3 × 150 m/m² — 60.000 volts isolé au papier imprégné sous plomb et armé pouvant transporter 25.000 KW. — Cos φ = 0,8.

CABLES en tous genres et pour toutes tensions en usage

CUIVRE NU — TUBES ISOLATEURS
ISOLANTS MOULÉS — PIÈCES MOULÉES

Forges et Ateliers de Constructions électriques
DE
JEUMONT

Société anonyme au capital de 80 000 000 de francs
Siège social : 75, Boulevard Haussmann, PARIS
R. C. Seine N° 167.217
Direction générale à JEUMONT (Nord)

AGENCES PRINCIPALES A :

PARIS : 49, rue des Mathurins.
MARSEILLE : 39, rue Thubanneau.
BORDEAUX : 3bis cours de Tournon.
NANTES : 5, Quai Fosse.
ROUEN : 16, rue du Bac.
LYON : 53, Cours de la Liberté.
NANCY : 53, rue du Faubourg Saint-Jean.
LILLE : 7, rue de Pas.
STRASBOURG : 5, rue Kuhn.

Digitized by Google

'L 11 '27 H TECHNOLOGY DIVISION

36e Année. N° 839 10 Juin 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE
ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

FONDÉE PAR E. HOSPITALIER

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

FONDATEURS

MM.
ABDANK-ABAKANOWICZ, Ingénieur-Conseil ;
RENÉ ARNOUX, Ingénieur ;
PAUL BARBIER, Électricien ;
BARDON, Constructeur ;
J. CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur ;
COMPAGNIE CONTINENTALE ÉDISON ;
COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON ;
FRAGER, Administrateur de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs ;
H. FONTAINE, Ingénieur civil ;
X. GARNOT, Ingénieur, Entrepreneur de Stations centrales d'énergie électrique ;
CH.-ÉD. GUILLAUME, Directeur du Bureau intern: des Poids et Mesures ;
JEAN-JACQUES HEILMANN, Ingénieur ;
E. HOSPITALIER, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'Ecole de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris ;
HOURY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de fils et câbles électriques ;
E. JULIEN, Ingénieur ;
J. LAFFARGUE, Ingénieur-Électricien ;
A. LAHURE, Imprimeur-Éditeur ;
P. LEMONNIER, Ingénieur ;

MM.
AUG. LALANCE, Administrateur-Délégué de la Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy ;
MAISON BREGUET ;
G. MASSON, Libraire-Éditeur ;
MENIER, Manufacturier ;
CH. MILDÉ, Constructeur-Électricien ;
LOUIS MORS, Ingénieur des Arts et Manufactures ;
R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures ;
POSTEL-VINAY, Ingénieur-Constructeur ;
JULES RICHARD, fondateur et successeur de la maison Richard frères ;
F. DE ROMILLY ;
G. ROUX, ancien Directeur du Bureau de contrôle des installations électriques ;
SCHNEIDER ET Cie, Usines du Creusot ;
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES ;
SOCIÉTÉ ANONYME CANCE ;
SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ ;
SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX ;
GASTON TISSANDIER, Directeur de *La Nature* ;
LAZARE WEILLER, Manufacturier.

ABONNEMENTS { Paris et Départements : Un an. . . . . 30 francs
Union Postale : Un an. . . . . 40 francs

PRIX DU NUMÉRO : 1 fr. 60
Pour l'Étranger : 2 fr. 50

Directeur : **A. LAHURE**

Rédacteur en Chef : **A. SOULIER**
EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE

RÉDACTION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI°)
Téléphone : Ségur 04-23-04-44

ADMINISTRATION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI°)
Chèques Postaux : Paris 920-28

PARIS
A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
9, RUE DE FLEURUS, 9 (VIe ARROND.)

Digitized by Google

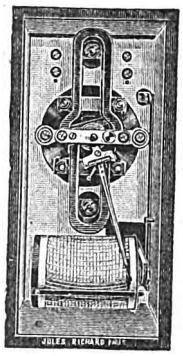
ENREGISTREURS

ANCIENNE MAISON
RICHARD Frères

Demander le catalogue
25, Rue MÉLINGUE, Paris

RICHARD

Par la surveillance constante et le contrôle qu'ils exercent sur toutes les opérations industrielles, ils permettent de réaliser de notables économies qui amortissent très rapidement le prix de l'appareil.



APPAREILS DE MESURES POUR TABLEAUX

Courant continu et courants alternatifs
Ampèremètres. — Voltmètres.
Wattmètres. — Boîtes de contrôle.
Ohmmètres. — Milli-ampèremètres.

Contrôle de la marche des usines

Manomètres.
Indicateurs et enregistreurs de tirage.
Indicateurs dynamométriques.
Cinémomètres.
Indicateurs de niveau sur place et à distance.
Thermomètres. — Pyromètres.
Hygromètres, etc.

Grands Prix aux Expositions universelles et internationales

A LA MÊME MAISON

LE VÉRASCOPE ET LE GLYPHOSCOPE
Appareils de photographie stéréoscopique

VENTE AU DÉTAIL : 10, rue Halévy (Opéra)

Fournisseur des principales Compagnies d'Éclairage électrique et de Transport de Force.

Société Anᵐᵉ des Établissements Jules RICHARD
au capital de six millions de francs
25, RUE MELINGUE, PARIS
R. C. Seine, N° 174-227.

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ

MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4.000.000 DE FR

11, rue Petit, 11 — CLICHY (Seine)

Registre du Commerce ; Seine N° 208.871 B. Téléph. : Marcadet 25-51

USINES A CLICHY ET A SENS

FONDERIE DE FER

FONTES MÉCANIQUES POUR L'INDUSTRIE ÉLECTR
MOULAGE MÉCANIQUE — PIÈCES EN SÉRIE
PIÈCES SUR PLANS, SUR MODÈLES OU TROUS

BALAIS LE CARBONE

PILES LE CARBONE

Balais en charbon et compositions graphite et cuivre pour machines électriques

CHARBONS POUR MICROPHONES
ANNEAUX POUR JOINTS DE VAPEUR

PILES ÉLECTRIQUES DE TOUS SYSTÈMES

LE CARBONE

Société Anonyme. Capital : 2.800.000 Fr.
37, rue de Paris, GENNEVILLIERS (Seine)
R. C. Seine, N° 11.699.

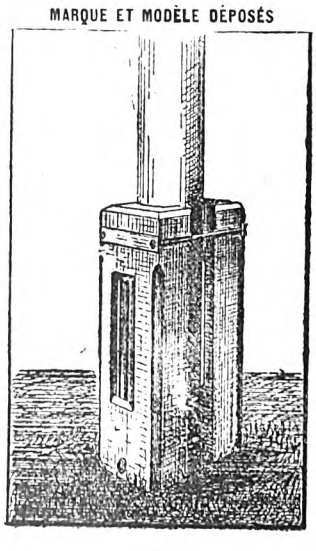
Pour empêcher la destruction rapide de vos lignes électriques sur poteaux en bois exigez le

SOCLE "POTOFIX"

EN BÉTON ARMÉ

Agréé par les Secteurs de la Région Parisienne

MARQUE ET MODÈLE DÉPOSÉS



Extrêmement robuste
Montage simple et rapide
Pas de saillie dangereuse
Transport et Magasinage facile
Encombrement minimum

Entretien nul
Pas de perçage du poteau
Aération parfaite
Aspect esthétique
Stabilité maximum

S. DAVI

CONSTRUCTEUR

9, rue Emilio-Castelar, PARIS (

Téléph. : Diderot 36-61

Le SOCLE "POTOFIX" ajouré
est adopté par la Cie Ouest-Lumière

NOMBREUSES RÉFÉRENCES
R. C. Seine 187-126.

RENSEIGNEMENTS ET PRIX SUR DEMANDE

Société Anonyme des Établissements

GINDRE-DUCHAVANY

CAPITAL : 6000000 DE FRANCS

LYON -:- 56, Avenue de Noailles, 56 -:- LYON

R. de C. Lyon, B. 4498.

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE, système C. LIMB

Dynamos génératrices, réceptrices, transformatrices, à courant continu ou alternatif — Dynamos à basse tension pour électrolyse — Commutatrices — Électromoteurs, Transformateurs de tension ou d'intensité — Ventilateurs et pompes électriques — Essoreuses électriques à une ou plusieurs vitesses, même très différentes.

CUIVRE rouge en barres et en bandes — **LAITON** rond, à 6 pans, et profilés — **MAILLECHORT, ALUMINIUM** en fils — **TRAITS** et **LAMES, OR** faux, rosette, **ARGENT** faux, mi-fin et fin — **PAILLONS**

Digitized by Google

TECHNOLOGY DIVISION

46e Année. N° 840 25 Juin 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

FONDÉE PAR E. HOSPITALIER

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

FONDATEURS

MM.

ABDANK-ABAKANOWICZ, Ingénieur-Conseil;
RENÉ ARNOUX, Ingénieur;
PAUL BARBIER, Électricien;
BARDON, Constructeur;
J. CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur;
COMPAGNIE CONTINENTALE ÉDISON;
COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON;
FRAGER, Administrateur de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs;
H. FONTAINE, Ingénieur civil;
X. GARNOT, Ingénieur, Entrepreneur de Stations centrales d'énergie électrique;
CH.-ÉD. GUILLAUME, Directeur du Bureau intern. des Poids et Mesures;
JEAN-JACQUES HEILMANN, Ingénieur;
E. HOSPITALIER, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'Ecole de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris;
HOURY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de fils et câbles électriques;
E. JULIEN, Ingénieur;
J. LAFFARGUE, Ingénieur-Électricien;
A. LAHURE, Imprimeur-Éditeur;
P. LEMONNIER, Ingénieur;

MM.

AUG. LALANCE, Administrateur-Délégué de la Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy;
MAISON BREGUET;
G. MASSON, Libraire-Éditeur;
MENIER, Manufacturier;
CH. MILDÉ, Constructeur-Électricien;
LOUIS MORS, Ingénieur des Arts et Manufactures;
R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures;
POSTEL-VINAY, Ingénieur-Constructeur;
JULES RICHARD, fondateur et successeur de la maison Richard frères;
F. DE ROMILLY;
G. ROUX, ancien Directeur du Bureau de contrôle des installations électriques;
SCHNEIDER ET Cie, Usines du Creusot;
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES;
SOCIÉTÉ ANONYME CANCE;
SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ;
SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX;
GASTON TISSANDIER, Directeur de *La Nature*;
LAZARE WEILLER, Manufacturier.

ABONNEMENTS { Paris et Départements : Un an. . . . . 30 francs
Union Postale : Un an. . . . . 40 francs

PRIX DU NUMÉRO : 1 fr. 60
Pour l'Étranger : 2 fr. 50

Directeur : **A. LAHURE**

Rédacteur en Chef : **A. SOULIER**
EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE

RÉDACTION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI[e])
Téléphone : Ségur 04-23 - 04-44

ADMINISTRATION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI[e])
Chèques Postaux ; Paris 920-28

PARIS
A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
9, RUE DE FLEURUS, 9 (VI[e] ARROND.)

Digitized by Google

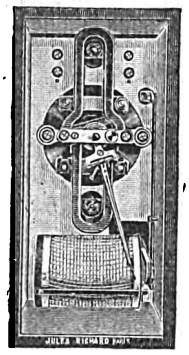
ENREGISTREURS

ANCIENNE MAISON
RICHARD Frères

Demander le catalogue
25, Rue MÉLINGUE, Paris

RICHARD

Par la surveillance constante et le contrôle qu'ils exercent sur toutes les opérations industrielles, ils permettent de réaliser de notables économies qui amortissent très rapidement le prix de l'appareil.



APPAREILS DE MESURES POUR TABLEAUX

Courant continu et courants alternatifs
Ampèremètres. — Voltmètres.
Wattmètres. — Boîtes de contrôle.
Ohmmètres. — Milli-ampèremètres.

Contrôle de la marche des usines

Manomètres.
Indicateurs et enregistreurs de tirage.
Indicateurs dynamométriques.
Cinémomètres.
Indicateurs de niveau sur place et à distance.
Thermomètres. — Pyromètres.
Hygromètres, etc.

Grands Prix aux Expositions universelles et internationales

A LA MÊME MAISON

LE VÉRASCOPE ET LE GLYPHOSCOPE
Appareils de photographie stéréoscopique

VENTE AU DÉTAIL : 10, rue Halévy (Opéra)

Fournisseur des principales Compagnies d'Éclairage électrique et de Transport de Force.

Société Anᵐᵉ des Établissements Jules RICHARD
au capital de six millions de francs
25, RUE MELINGUE, PARIS
R. C. Seine, N° 174-237.

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ

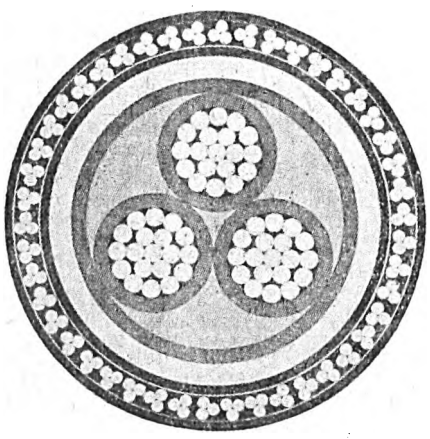
MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4.000.000 DE FRA
11, rue Petit, 11 — CLICHY (Seine)
Registre du Commerce ; Seine N° 208.871 B. Téléph. : Marcadet 25-51

USINES A CLICHY ET A SENS

FONDERIE DE FER

FONTES MÉCANIQUES POUR L'INDUSTRIE ÉLECTRI
MOULAGE MÉCANIQUE — PIÈCES EN SÉRIE
PIÈCES SUR PLANS, SUR MODÈLES OU TROUS



Câble tripolaire avec armature de torons de fils d'acier pour toutes tensions en usage.

CABLES SOUTERRAINS

Fils et câbles isolés au caoutchouc

CABLES TÉLÉPHONIQUES ET TÉLÉGRAPHIQUES

TUBES ISOLATEURS

ISOLANTS MOULÉS ↔ PIÈCES MOULÉES

Forges et Ateliers de Constructions électri

DE

JEUMONT

Société anonyme au capital de 80 000 000 de francs
Siège social : 75, Boulevard Haussmann, PARIS
R. C. Seine N° 167.217
Direction générale à JEUMONT (Nord)

AGENCES PRINCIPALES A :

PARIS : 49, rue des Mathurins.
MARSEILLE : 39, rue Thubanneau.
BORDEAUX : 3bis cours de Tournon.
NANTES : 5, Quai Fosse.
ROUEN : 16, rue du Bac.
LYON : 53, Cours de la Liberté.
NANCY : 53, rue du Faubourg-Saint-Jean.
LILLE : 7, rue de Pas.
STRASBOURG : 5, rue Kuhn.

Digitized by Google

TECHNOLOGY DIVISION

3e Année. N° 841 10 Juillet 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

FONDÉE PAR E. HOSPITALIER

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

FONDATEURS

MM.

ABDANK-ABAKANOWICZ, Ingénieur-Conseil;
RENÉ ARNOUX, Ingénieur;
PAUL BARBIER, Électricien;
BARDON, Constructeur;
J. CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur;
COMPAGNIE CONTINENTALE ÉDISON;
COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON;
FRAGER, Administrateur de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs;
H. FONTAINE, Ingénieur civil;
X. GARNOT, Ingénieur, Entrepreneur de Stations centrales d'énergie électrique;
CH.-ÉD. GUILLAUME, Directeur du Bureau intern. des Poids et Mesures;
JEAN-JACQUES HEILMANN, Ingénieur;
E. HOSPITALIER, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'Ecole de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris;
HOURY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de fils et câbles électriques;
E. JULIEN, Ingénieur;
J. LAFFARGUE, Ingénieur-Électricien;
A. LAHURE, Imprimeur-Éditeur;
P. LEMONNIER, Ingénieur;

MM.

AUG. LALANCE, Administrateur-Délégué de la Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy;
MAISON BREGUET;
G. MASSON, Libraire-Éditeur;
MENIER, Manufacturier;
CH. MILDÉ, Constructeur-Électricien;
LOUIS MORS, Ingénieur des Arts et Manufactures;
R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures;
POSTEL-VINAY, Ingénieur-Constructeur;
JULES RICHARD, fondateur et successeur de la maison Richard frères;
F. DE ROMILLY;
G. ROUX, ancien Directeur du Bureau de contrôle des installations électriques;
SCHNEIDER ET Cie, Usines du Creusot;
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES;
SOCIÉTÉ ANONYME CANCE;
SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ;
SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX;
GASTON TISSANDIER, Directeur de *La Nature*;
LAZARE WEILLER, Manufacturier.

ABONNEMENTS { Paris et Départements : Un an. . . . . 30 francs
Union Postale : Un an. . . . . 40 francs

PRIX DU NUMÉRO : 1 fr. 60
Pour l'Étranger : 2 fr. 50

Directeur : **A. LAHURE**

Rédacteur en Chef : **A. SOULIER**
EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE

RÉDACTION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI°)
Téléphone : Ségur 04-23-04-44

ADMINISTRATION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI°)
Chèques Postaux ; Paris 920-28

PARIS
A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
9, RUE DE FLEURUS, 9 (VIe ARROND.)

Digitized by Google

ENREGISTREURS

ANCIENNE MAISON
RICHARD Frères

Demander le catalogue
25, Rue MÉLINGUE, Paris

RICHARD

Par la surveillance constante et le contrôle qu'ils exercent sur toutes les opérations industrielles, ils permettent de réaliser de notables économies qui amortissent très rapidement le prix de l'appareil.

APPAREILS DE MESURES POUR TABLEAUX

Courant continu et courants alternatifs
Ampèremètres. — Voltmètres.
Wattmètres. — Boîtes de contrôle.
Ohmmètres. — Milli-ampèremètres.

Contrôle de la marche des usines

Manomètres.
Indicateurs et enregistreurs de tirage.
Indicateurs dynamométriques.
Cinémomètres.
Indicateurs de niveau sur place et à distance.
Thermomètres. — Pyromètres.
Hygromètres, etc.

Grands Prix aux Expositions universelles et internationales

A LA MÊME MAISON

LE VÉRASCOPE ET LE GLYPHOSCOPE
Appareils de photographie stéréoscopique

VENTE AU DÉTAIL : 10, rue Halévy (Opéra)

Fournisseur des principales Compagnies d'Éclairage électrique et de Transport de Force.

Société Anᵐᵉ des Établissements Jules RICHARD
au capital de six millions de francs
25, RUE MELINGUE, PARIS
R. C. Seine, N° 174-227.

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ

MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4.000.000 DE FRS
11, rue Petit, 11 — CLICHY (Seine)
Registre du Commerce : Seine N° 208.871 B. Téléph. : Marcadet 25-51

USINES A CLICHY ET A SENS

FONDERIE DE FER

FONTES MÉCANIQUES POUR L'INDUSTRIE ÉLECTR
MOULAGE MÉCANIQUE — PIÈCES EN SÉRIE
PIÈCES SUR PLANS, SUR MODÈLES OU TROUS

BALAIS LE CARBONE
PILES LE CARBONE

Balais en charbon et compositions graphite et cuivre pour machines électriques

CHARBONS POUR MICROPHONES
ANNEAUX POUR JOINTS DE VAPEUR

PILES ÉLECTRIQUES DE TOUS SYSTÈMES

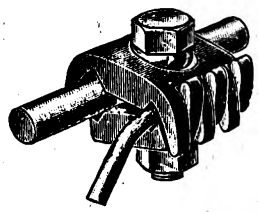
LE CARBONE Société Anonyme. Capital : 2.800.000 Fr.
37, rue de Paris, GENNEVILLIERS (Seine)
R. C. Seine, N° 11.099.

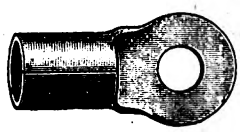
PRONER ET C

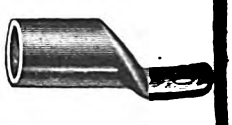
Anciens Établissements ZUFALL

COSSES et RACCORDS
POUR INSTALLATION DE LIGNES ET POSTES ÉLECTRI
EN BASSE ET HAUTE TENSION

Découpage et Emboutissage







USINE ET BUREAUX :
89, Rue de la Roquette — PARIS
Tél. : Roquette 80-28
CATALOGUE SUR DEM

A. POULAIN

CONSTRUCTEUR-ÉLECTRICIEN

Bureaux et Usines : **8 et 10, rue de la Chine**
PARIS (XXᵉ)

Téléphone : ROQUETTE 12-74 et 82-17

GROS ET PETIT APPAREILLAGE
SPÉCIALITÉS DE DOUILLES TOUS MODÈLES

Interrupteurs, Prise de courant, Coupe-circuit, etc.
Appareils de tableaux, Matériel de colonnes

Digitized by Google

AUG 22 '27

36e Année. N° 842 25 Juillet 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

FONDÉE PAR E. HOSPITALIER

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

FONDATEURS

MM.

ABDANK-ABAKANOWICZ, Ingénieur-Conseil ;
RENÉ ARNOUX, Ingénieur ;
PAUL BARBIER, Électricien ;
BARDON, Constructeur ;
J. CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur ;
COMPAGNIE CONTINENTALE ÉDISON ;
COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON ;
FRAGER, Administrateur de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs ;
H. FONTAINE, Ingénieur civil ;
X. GARNOT, Ingénieur, Entrepreneur de Stations centrales d'énergie électrique ;
CH.-ÉD. GUILLAUME, Directeur du Bureau intern. des Poids et Mesures ;
JEAN-JACQUES HEILMANN, Ingénieur ;
E. HOSPITALIER, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'Ecole de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris ;
HOURY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de fils et câbles électriques ;
E. JULIEN, Ingénieur ;
J. LAFFARGUE, Ingénieur-Électricien ;
A. LAHURE, Imprimeur-Éditeur ;
P. LEMONNIER, Ingénieur ;

MM.

AUG. LALANCE, Administrateur-Délégué de la Société anonyme d'éclairage électrique du Sècteur de la place Clichy ;
MAISON BREGUET ;
G. MASSON, Libraire-Éditeur ;
MENIER, Manufacturier ;
CH. MILDÉ, Constructeur-Électricien ;
LOUIS MORS, Ingénieur des Arts et Manufactures ;
R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures ;
POSTEL-VINAY, Ingénieur-Constructeur ;
JULES RICHARD, fondateur et successeur de la maison Richard frères ;
F. DE ROMILLY ;
G. ROUX, ancien Directeur du Bureau de contrôle des installations électriques ;
SCHNEIDER ET Cie, Usines du Creusot ;
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES ;
SOCIÉTÉ ANONYME CANCE ;
SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ ;
SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX ;
GASTON TISSANDIER, Directeur de *La Nature* ;
LAZARE WEILLER, Manufacturier.

ABONNEMENTS { Paris et Départements : Un an. . . . . 30 francs
Union Postale : Un an. . . . . 40 francs

PRIX DU NUMÉRO : 1 fr. 60
Pour l'Étranger : 2 fr. 50

Directeur : **A. LAHURE**

Rédacteur en Chef : **A. SOULIER**
EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE

RÉDACTION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI°)
Téléphone : Ségur 04-23-04-44

ADMINISTRATION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI°)
Chèques Postaux ; Paris 920-28

PARIS
A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
9, RUE DE FLEURUS, 9 (VIe ARROND.)

Digitized by Google

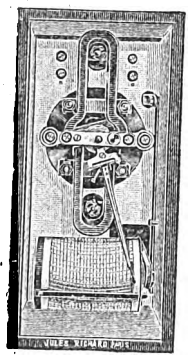
ENREGISTREURS

ANCIENNE MAISON
RICHARD Frères

Demander le catalogue
25, Rue MÉLINGUE, Paris

RICHARD

Par la surveillance constante et le contrôle qu'ils exercent sur toutes les opérations industrielles, ils permettent de réaliser de notables économies qui amortissent très rapidement le prix de l'appareil.



APPAREILS DE MESURES POUR TABLEAUX

Courant continu et courants alternatifs
Ampèremètres. — Voltmètres.
Wattmètres. — Boîtes de contrôle.
Ohmmètres. — Milli-ampèremètres.

Contrôle de la marche des usines

Manomètres.
Indicateurs et enregistreurs de tirage.
Indicateurs dynamométriques.
Cinémomètres.
Indicateurs de niveau sur place et à distance.
Thermomètres. — Pyromètres.
Hygromètres, etc.

Grands Prix aux Expositions universelles et internationales

A LA MÊME MAISON

LE VÉRASCOPE ET LE GLYPHOSCOPE
Appareils de photographie stéréoscopique

VENTE AU DÉTAIL : 10, rue Halévy (Opéra)

Fournisseur des principales Compagnies d'Éclairage électrique et de Transport de Force.

Société Anme des Établissements Jules RICHARD
au capital de six millions de francs
25, RUE MELINGUE, PARIS
R. C. Seine, N° 174-227.

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ

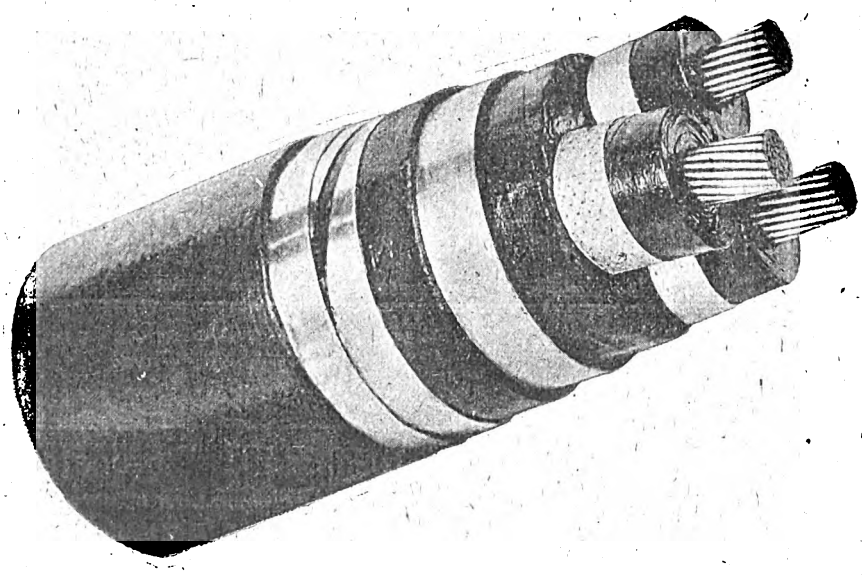
MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4.000.000 DE FRANCS
11, rue Petit, 11 — CLICHY (Seine)
Registre du Commerce ; Seine N° 208.871 B. Téléph. : Marcadet 25-57

USINES A CLICHY ET A SENS

FONDERIE DE FER

FONTES MÉCANIQUES POUR L'INDUSTRIE ÉLECTRI
MOULAGE MÉCANIQUE — PIÈCES EN SÉRIE
PIÈCES SUR PLANS, SUR MODÈLES OU TROUSS



Câble de 3 × 150 m/m² — 60.000 volts isolé au papier imprégné sous plomb et armé pouvant transporter 25.000 KW. — Cos φ = 0,8.

CABLES en tous genres et pour toutes tensions en usage

CUIVRE NU — TUBES ISOLATEURS
ISOLANTS MOULÉS — PIÈCES MOULÉES

Forges et Ateliers de Constructions électri
DE
JEUMONT

Société anonyme au capital de 80 000 000 de francs
Siège social : 75, Boulevard Haussmann, PARIS
R. C. Seine N° 167.217
Direction générale à JEUMONT (Nord)

AGENCES PRINCIPALES A :

PARIS : 49, rue des Mathurins.
MARSEILLE : 39, rue Thubanneau.
BORDEAUX : 3bis cours de Tournon.
NANTES : 5, Quai Fosse.
ROUEN : 16, rue du Bac.
LYON : 53, Cours de la Liberté.
NANCY : 53, rue du Faubourg Saint-Jean.
LILLE : 7, rue de Pas.
STRASBOURG : 5, rue Kuhn.

Digitized by Google

TECHNOLOGY DIVISION

36e Année. N° 843 10 Août 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

FONDÉE PAR E. HOSPITALIER

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

FONDATEURS

MM.
ABDANK-ABAKANOWICZ, Ingénieur-Conseil;
RENÉ ARNOUX, Ingénieur;
PAUL BARBIER, Électricien;
BARDON, Constructeur;
J. CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur;
COMPAGNIE CONTINENTALE ÉDISON;
COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON;
FRAGER, Administrateur de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs;
H. FONTAINE, Ingénieur civil;
X. GARNOT, Ingénieur, Entrepreneur de Stations centrales d'énergie électrique;
CH.-ÉD. GUILLAUME, Directeur du Bureau intern. des Poids et Mesures;
JEAN-JACQUES HEILMANN, Ingénieur;
E. HOSPITALIER, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'Ecole de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris;
HOURY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de fils et câbles électriques;
E. JULIEN, Ingénieur;
J. LAFFARGUE, Ingénieur-Électricien;
A. LAHURE, Imprimeur-Éditeur;
P. LEMONNIER, Ingénieur;

MM.
AUG. LALANCE, Administrateur-Délégué de la Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy;
MAISON BREGUET;
G. MASSON, Libraire-Éditeur;
MENIER, Manufacturier;
CH. MILDÉ, Constructeur-Électricien;
LOUIS MORS, Ingénieur des Arts et Manufactures;
R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures;
POSTEL-VINAY, Ingénieur-Constructeur;
JULES RICHARD, fondateur et successeur de la maison Richard frères;
F. DE ROMILLY;
G. ROUX, ancien Directeur du Bureau de contrôle des installations électriques;
SCHNEIDER ET Cie, Usines du Creusot;
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES;
SOCIÉTÉ ANONYME CANCE;
SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ;
SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX;
GASTON TISSANDIER, Directeur de *La Nature*;
LAZARE WEILLER, Manufacturier.

ABONNEMENTS { Paris et Départements : Un an. . . . . 30 francs
Union Postale : Un an. . . . . 40 francs

PRIX DU NUMÉRO : 1 fr. 60
Pour l'Étranger : 2 fr. 50

Directeur : **A. LAHURE**

Rédacteur en Chef : **A. SOULIER**
EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE

RÉDACTION
9, Rue de Fleurus, Paris (VIe)
Téléphone : Ségur 04-23 - 04-44

ADMINISTRATION
9, Rue de Fleurus, Paris (VIe)
Chèques Postaux ; Paris 920-28

PARIS
A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
9, RUE DE FLEURUS, 9 (VIe ARROND.)

Digitized by Google

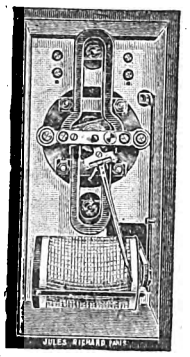
ENREGISTREURS

ANCIENNE MAISON
RICHARD Frères

Demander le catalogue
25, Rue MÉLINGUE, Paris

RICHARD

Par la surveillance constante et le contrôle qu'ils exercent sur toutes les opérations industrielles, ils permettent de réaliser de notables économies qui amortissent très rapidement le prix de l'appareil.



APPAREILS DE MESURES POUR TABLEAUX

Courant continu et courants alternatifs
Ampèremètres. — Voltmètres.
Wattmètres. — Boîtes de contrôle.
Ohmmètres. — Milli-ampèremètres.

Contrôle de la marche des usines

Manomètres.
Indicateurs et enregistreurs de tirage.
Indicateurs dynamométriques.
Cinémomètres.
Indicateurs de niveau sur place et à distance.
Thermomètres. — Pyromètres.
Hygromètres, etc.

Grands Prix aux Expositions universelles et internationales

A LA MÊME MAISON

LE VÉRASCOPE ET LE GLYPHOSCOPE
Appareils de photographie stéréoscopique

VENTE AU DÉTAIL: 10, rue Halévy (Opéra)

Fournisseur des principales Compagnies d'Éclairage électrique et de Transport de Force.

Société Anᵉ des Établissements Jules RICHARD
au capital de six millions de francs
25, RUE MELINGUE, PARIS
R. C. Seine, N° 174-227.

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ

MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4.000.000 DE FRANCS
11, rue Petit, 11 — CLICHY (Seine)
Registre du Commerce ; Seine N° 208.671 B. Téléph. : Marcadet 25-57 — 58

USINES A CLICHY ET A SENS

FONDERIE DE FER

FONTES MÉCANIQUES POUR L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE
MOULAGE MÉCANIQUE — PIÈCES EN SÉRIE
PIÈCES SUR PLANS, SUR MODÈLES OU TROUSSEAUX

BALAIS LE CARBONE

PILES LE CARBONE

Balais en charbon et compositions graphite et cuivre pour machines électriques

CHARBONS POUR MICROPHONES
ANNEAUX POUR JOINTS DE VAPEUR

PILES ÉLECTRIQUES DE TOUS SYSTÈMES

LE CARBONE

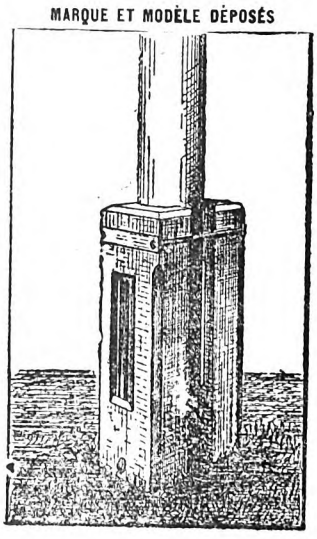
Société Anonyme. Capital : 2.800.000 Fr.
37, rue de Paris, GENNEVILLIERS (Seine)
R. C. Seine, N° 11.699.

Pour empêcher la destruction rapide de vos lignes électriques sur poteaux en bois exigez le

SOCLE "POTOFIX"

EN BÉTON ARMÉ
Agréé par les Secteurs de la Région Parisienne

MARQUE ET MODÈLE DÉPOSÉS



Extrêmement robuste
Montage simple et rapide
Pas de saillie dangereuse
Transport et Magasinage facile
Encombrement minimum

Entretien nul
Pas de perçage du poteau
Aération parfaite
Aspect esthétique
Stabilité maximum

S. DAVID

CONSTRUCTEUR
9, rue Emilio-Castelar, PARIS (XIᵉ)
Téléph. : Diderot 36-31

Le SOCLE "POTOFIX ajouré"
est adopté par la Cie Ouest-Lumière

NOMBREUSES RÉFÉRENCES
R. C. Seine 187-126.

RENSEIGNEMENTS ET PRIX SUR DEMANDE

Société Anonyme des Établissements

GINDRE-DUCHAVANY

CAPITAL : 6000000 DE FRANCS
LYON -:- 56, Avenue de Noailles, 56 -:- LYON
R. de C. Lyon, B. 4498.

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE, système C. LIMB

Dynamos génératrices, réceptrices, transformatrices, à courant continu ou alternatif — Dynamos à basse tension pour électrolyse — Commutatrices — Électromoteurs, Transformateurs de tension ou d'intensité — Ventilateurs et pompes électriques — Essoreuses électriques à une ou plusieurs vitesses, même très différentes.

CUIVRE rouge en barres et en bandes — **LAITON** rond, à 6 pans, et profilés — **MAILLECHORT, ALUMINIUM** en fils — **TRAITS et LAMES, OR** faux, rosette, **ARGENT** faux, mi-fin et fin — **PAILLONS**

Digitized by Google

TECHNOLOGY DIVISION

36e Année. N° 844 25 Août 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

FONDÉE PAR E. HOSPITALIER

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

FONDATEURS

MM.
ABDANK-ABAKANOWICZ, Ingénieur-Conseil;
RENÉ ARNOUX, Ingénieur;
PAUL BARBIER, Électricien;
BARDON, Constructeur;
J. CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur;
COMPAGNIE CONTINENTALE ÉDISON;
COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON;
FRAGER, Administrateur de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs;
H. FONTAINE, Ingénieur civil;
X. GARNOT, Ingénieur, Entrepreneur de Stations centrales d'énergie électrique;
CH.-ÉD. GUILLAUME, Directeur du Bureau intern. des Poids et Mesures;
JEAN-JACQUES HEILMANN, Ingénieur;
E. HOSPITALIER, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'Ecole de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris;
HOURY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de fils et câbles électriques;
E. JULIEN, Ingénieur;
J. LAFFARGUE, Ingénieur-Électricien;
A. LAHURE, Imprimeur-Éditeur;
P. LEMONNIER, Ingénieur;

MM.
AUG. LALANCE, Administrateur-Délégué de la Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy;
MAISON BREGUET;
G. MASSON, Libraire-Éditeur;
MENIER, Manufacturier;
CH. MILDÉ, Constructeur-Électricien;
LOUIS MORS, Ingénieur des Arts et Manufactures;
R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures;
POSTEL-VINAY, Ingénieur-Constructeur;
JULES RICHARD, fondateur et successeur de la maison Richard frères;
F. DE ROMILLY;
G. ROUX, ancien Directeur du Bureau de contrôle des installations électriques;
SCHNEIDER ET Cie, Usines du Creusot;
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES;
SOCIÉTÉ ANONYME CANCE;
SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ;
SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX;
GASTON TISSANDIER, Directeur de *La Nature*;
LAZARE WEILLER, Manufacturier.

ABONNEMENTS { Paris et Départements : Un an. . . . . 30 francs
Union Postale : Un an. . . . . 40 francs

PRIX DU NUMÉRO : 1 fr. 60
Pour l'Étranger : 2 fr. 50

Directeur : **A. LAHURE**

Rédacteur en Chef : **A. SOULIER**
EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE

RÉDACTION
9, Rue de Fleurus, Paris (VIe)
Téléphone : Ségur 04-23-04-44

ADMINISTRATION
9, Rue de Fleurus, Paris (VIe)
Chèques Postaux ; Paris 920-28

PARIS
A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
9, RUE DE FLEURUS, 9 (VIe ARROND.)

Digitized by Google

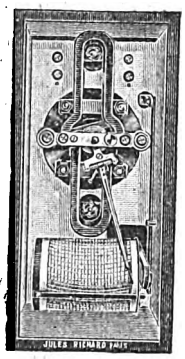
ENREGISTREURS

ANCIENNE MAISON
RICHARD Frères

Demander le catalogue
25, Rue MÉLINGUE, Paris

RICHARD

Par la surveillance constante et le contrôle qu'ils exercent sur toutes les opérations industrielles, ils permettent de réaliser de notables économies qui amortissent très rapidement le prix de l'appareil.



APPAREILS DE MESURES POUR TABLEAUX

Courant continu et courants alternatifs
Ampèremètres. — Voltmètres.
Wattmètres. — Boîtes de contrôle.
Ohmmètres. — Milli-ampèremètres.

Contrôle de la marche des usines

Manomètres.
Indicateurs et enregistreurs de tirage.
Indicateurs dynamométriques.
Cinémomètres.
Indicateurs de niveau sur place et à distance.
Thermomètres. — Pyromètres.
Hygromètres, etc.

Grands Prix aux Expositions universelles et internationales

A LA MÊME MAISON

LE VÉRASCOPE ET LE GLYPHOSCOPE
Appareils de photographie stéréoscopique

VENTE AU DÉTAIL : 10, rue Halévy (Opéra)

Fournisseur des principales Compagnies d'Éclairage électrique et de Transport de Force.

Société Anᵉ des Établissements Jules RICHARD
au capital de six millions de francs
25, RUE MELINGUE, PARIS
R. C. Seine, N° 174-227.

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICI

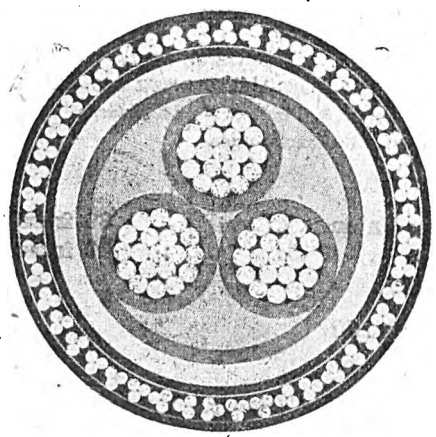
MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4.000.000 DE FRA
11, rue Petit, 11 — CLICHY (Seine)
Registre du Commerce : Seine N° 208.871 B. Téléph. : Marcadet 25-57

USINES A CLICHY ET A SENS

FONDERIE DE FER

FONTES MÉCANIQUES POUR L'INDUSTRIE ÉLECTR
MOULAGE MÉCANIQUE — PIÈCES EN SÉRIE
PIÈCES SUR PLANS, SUR MODÈLES OU TROUS



Câble tripolaire avec armature de torons de fils d'acier pour toutes tensions en usage.

CABLES SOUTERRAINS

Fils et câbles isolés au caoutchouc

CABLES TÉLÉPHONIQUES ET TÉLÉGRAPHIQUES

TUBES ISOLATEURS

ISOLANTS MOULÉS ↔ PIÈCES MOULÉES

Forges et Ateliers de Constructions électri

DE

JEUMONT

Société anonyme au capital de 80 000 000 de fran
Siège social : 75, Boulevard Haussmann, PARIS
R. C. Seine N° 167.217
Direction générale à JEUMONT (Nord)

AGENCES PRINCIPALES A :

PARIS : 49, rue des Mathurins.
MARSEILLE : 39, rue Thubanneau.
BORDEAUX : 3bis cours de Tournon.
NANTES : 5, Quai Fosse.
ROUEN : 16, rue du Bac.
LYON : 53, Cours de la Liberté.
NANCY : 53, rue du Faubourg-Saint-Je
LILLE : 7, rue de Pas.
STRASBOURG : 5, rue Kuhn.

Digitized by Google

TECHNOLOGY DIVISION

36e Année. N° 845 10 Septembre 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

FONDÉE PAR E. HOSPITALIER

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

FONDATEURS

MM.
ABDANK-ABAKANOWICZ, Ingénieur-Conseil;
RENÉ ARNOUX, Ingénieur;
PAUL BARBIER, Électricien;
BARDON, Constructeur;
J. CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur;
COMPAGNIE CONTINENTALE ÉDISON;
COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON;
FRAGER, Administrateur de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs;
H. FONTAINE, Ingénieur civil;
X. GARNOT, Ingénieur, Entrepreneur de Stations centrales d'énergie électrique;
CH.-ÉD. GUILLAUME, Directeur du Bureau intern. des Poids et Mesures;
JEAN-JACQUES HEILMANN, Ingénieur;
E. HOSPITALIER, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'Ecole de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris;
HOURY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de fils et câbles électriques;
E. JULIEN, Ingénieur;
J. LAFFARGUE, Ingénieur-Électricien;
A. LAHURE, Imprimeur-Éditeur;
P. LEMONNIER, Ingénieur;

MM.
AUG. LALANCE, Administrateur-Délégué de la Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy;
MAISON BREGUET;
G. MASSON, Libraire-Éditeur;
MENIER, Manufacturier;
CH. MILDÉ, Constructeur-Électricien;
LOUIS MORS, Ingénieur des Arts et Manufactures;
R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures;
POSTEL-VINAY, Ingénieur-Constructeur;
JULES RICHARD, fondateur et successeur de la maison Richard frères;
F. DE ROMILLY;
G. ROUX, ancien Directeur du Bureau de contrôle des installations électriques;
SCHNEIDER ET Cie, Usines du Creusot;
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES;
SOCIÉTÉ ANONYME CANCE;
SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ;
SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX;
GASTON TISSANDIER, Directeur de *La Nature*;
LAZARE WEILLER, Manufacturier.

ABONNEMENTS { Paris et Départements : Un an. . . . . 30 francs
Union Postale : Un an. . . . . 40 francs

PRIX DU NUMÉRO : 1 fr. 60
Pour l'Étranger : 2 fr. 50

Directeur : **A. LAHURE**

Rédacteur en Chef : **A. SOULIER**
EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE

RÉDACTION
9, Rue de Fleurus, Paris (VIe)
Téléphone : Ségur 04-23 - 04-44

ADMINISTRATION
9, Rue de Fleurus, Paris (VIe)
Chèques Postaux : Paris 920-28

PARIS
A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
9, RUE DE FLEURUS, 9 (VIe ARROND.)

Digitized by Google

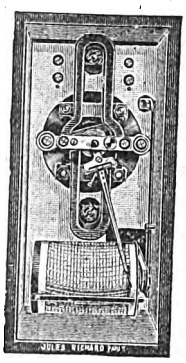
ENREGISTREURS

ANCIENNE MAISON
RICHARD Frères

Demander le catalogue
25, Rue MÉLINGUE, Paris

RICHARD

Par la surveillance constante et le contrôle qu'ils exercent sur toutes les opérations industrielles, ils permettent de réaliser de notables économies qui amortissent très rapidement le prix de l'appareil.



APPAREILS DE MESURES POUR TABLEAUX

Courant continu et courants alternatifs
Ampèremètres. — Voltmètres.
Wattmètres. — Boîtes de contrôle.
Ohmmètres. — Milli-ampèremètres.

Contrôle de la marche des usines

Manomètres.
Indicateurs et enregistreurs de tirage.
Indicateurs dynamométriques.
Cinémomètres.
Indicateurs de niveau sur place et à distance.
Thermomètres. — Pyromètres.
Hygromètres, etc.

Grands Prix aux Expositions universelles et internationales

A LA MÊME MAISON

LE VÉRASCOPE ET LE GLYPHOSCOPE
Appareils de photographie stéréoscopique

VENTE AU DÉTAIL : 10, rue Halévy (Opéra)

Fournisseur des principales Compagnies d'Éclairage électrique et de Transport de Force.

Société Anᵉ des Établissements Jules RICHARD
au capital de six millions de francs
25, RUE MELINGUE, PARIS
R. C. Seine, N° 174-227.

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ

MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4.000.000 DE FRA
11, rue Petit, 11 — CLICHY (Seine)
Registre du Commerce : Seine N° 208.871 B. Téléph. : Marcadet 25-57

USINES A CLICHY ET A SENS

FONDERIE DE FER

FONTES MÉCANIQUES POUR L'INDUSTRIE ÉLECTRI
MOULAGE MÉCANIQUE — PIÈCES EN SÉRIE
PIÈCES SUR PLANS, SUR MODÈLES OU TROUS

BALAIS LE CARBONE

PILES LE CARBONE

Balais en charbon et compositions graphite et cuivre pour machines électriques

CHARBONS POUR MICROPHONES
ANNEAUX POUR JOINTS DE VAPEUR

PILES ÉLECTRIQUES DE TOUS SYSTÈMES

LE CARBONE

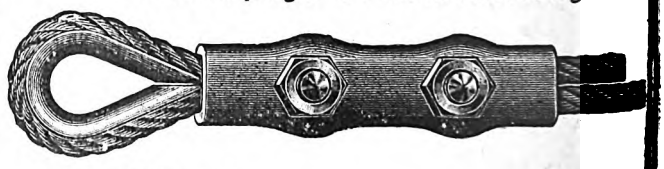
Société Anonyme. Capital : 2.800.000 Fr.
37, rue de Paris, GENNEVILLIERS (Seine)
R. C. Seine, N° 11.099.

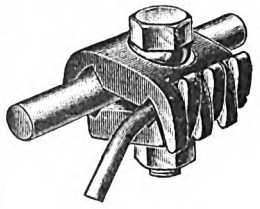
PRONER ET C

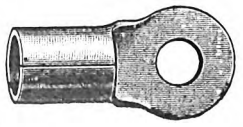
Anciens Établissements ZUFALL

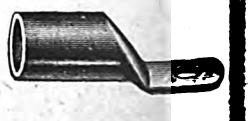
COSSES et RACCORD
POUR INSTALLATION DE LIGNES ET POSTES ÉLECTRI
EN BASSE ET HAUTE TENSION

Découpage et Emboutissage









USINE ET BUREAUX :
89, Rue de la Roquette — PARIS
Tél. : Roquette 80-28 CATALOGUE SUR DEM

A. POULAIN

CONSTRUCTEUR-ÉLECTRICIEN

Bureaux et Usines : 8 et 10, rue de la Chine
PARIS (XXᵉ)

Téléphone : ROQUETTE 12-74 et 82-17

GROS ET PETIT APPAREILLAGE
SPÉCIALITÉS DE DOUILLES TOUS MODÈLES
Interrupteurs, Prise de courant, Coupe-circuit, etc.
Appareils de tableaux, Matériel de colonnes

Digitized by Google

11 No'27 1

16e Année. N° 846 25 Septembre 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

FONDÉE PAR E. HOSPITALIER

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

FONDATEURS

MM.
ABDANK-ABAKANOWICZ, Ingénieur-Conseil ;
RENÉ ARNOUX, Ingénieur ;
PAUL BARBIER, Électricien ;
BARDON, Constructeur ;
J. CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur ;
COMPAGNIE CONTINENTALE ÉDISON ;
COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON ;
FRAGER, Administrateur de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs ;
H. FONTAINE, Ingénieur civil ;
X. GARNOT, Ingénieur, Entrepreneur de Stations centrales d'énergie électrique ;
CH.-ÉD. GUILLAUME, Directeur du Bureau intern. des Poids et Mesures ;
JEAN-JACQUES HEILMANN, Ingénieur ;
E. HOSPITALIER, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'Ecole de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris ;
HOURY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de fils et câbles électriques ;
E. JULIEN, Ingénieur ;
J. LAFFARGUE, Ingénieur-Électricien ;
A. LAHURE, Imprimeur-Éditeur ;
P. LEMONNIER, Ingénieur ;

MM.
AUG. LALANCE, Administrateur-Délégué de la Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy ;
MAISON BREGUET ;
G. MASSON, Libraire-Éditeur ;
MENIER, Manufacturier ;
CH. MILDÉ, Constructeur-Électricien ;
LOUIS MORS, Ingénieur des Arts et Manufactures ;
R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures ;
POSTEL-VINAY, Ingénieur-Constructeur ;
JULES RICHARD, fondateur et successeur de la maison Richard frères ;
F. DE ROMILLY ;
G. ROUX, ancien Directeur du Bureau de contrôle des installations électriques ;
SCHNEIDER ET Cie, Usines du Creusot ;
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES ;
SOCIÉTÉ ANONYME CANCE ;
SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ ;
SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX ;
GASTON TISSANDIER, Directeur de *La Nature* ;
LAZARE WEILLER, Manufacturier.

ABONNEMENTS { Paris et Départements : Un an. . . . . 30 francs
Union Postale : Un an. . . . . 40 francs

PRIX DU NUMÉRO : 1 fr. 60
Pour l'Étranger : 2 fr. 50

Directeur : **A. LAHURE**

Rédacteur en Chef : **A. SOULIER**
EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE

RÉDACTION
9, Rue de Fleurus, Paris (VIe)
Téléphone : Ségur 04-23 - 04-44

ADMINISTRATION
9, Rue de Fleurus, Paris (VIe)
Chèques Postaux : Paris 920-28

PARIS
A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
9, RUE DE FLEURUS, 9 (VIe ARROND.)

Digitized by Google

ENREGISTREURS

ANCIENNE MAISON
RICHARD Frères

Demander le catalogue
25, Rue MÉLINGUE, Paris

RICHARD

Par la surveillance constante et le contrôle qu'ils exercent sur toutes les opérations industrielles, ils permettent de réaliser de notables économies qui amortissent très rapidement le prix de l'appareil.

APPAREILS DE MESURES POUR TABLEAUX

Courant continu et courants alternatifs
Ampèremètres. — Voltmètres.
Wattmètres. — Boîtes de contrôle.
Ohmmètres. — Milli-ampèremètres.

Contrôle de la marche des usines

Manomètres.
Indicateurs et enregistreurs de tirage.
Indicateurs dynamométriques.
Cinémomètres.
Indicateurs de niveau sur place et à distance.
Thermomètres. — Pyromètres.
Hygromètres, etc.

Grands Prix aux Expositions universelles et internationales

A LA MÊME MAISON

LE VÉRASCOPE ET LE GLYPHOSCOPE
Appareils de photographie stéréoscopique

VENTE AU DÉTAIL : 10, rue Halévy (Opéra)

Fournisseur des principales Compagnies d'Éclairage électrique et de Transport de Force.

Société Ame des Établissements Jules RICHARD
au capital de six millions de francs
25, RUE MELINGUE, PARIS
R. C. Seine, N° 176-227.

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ

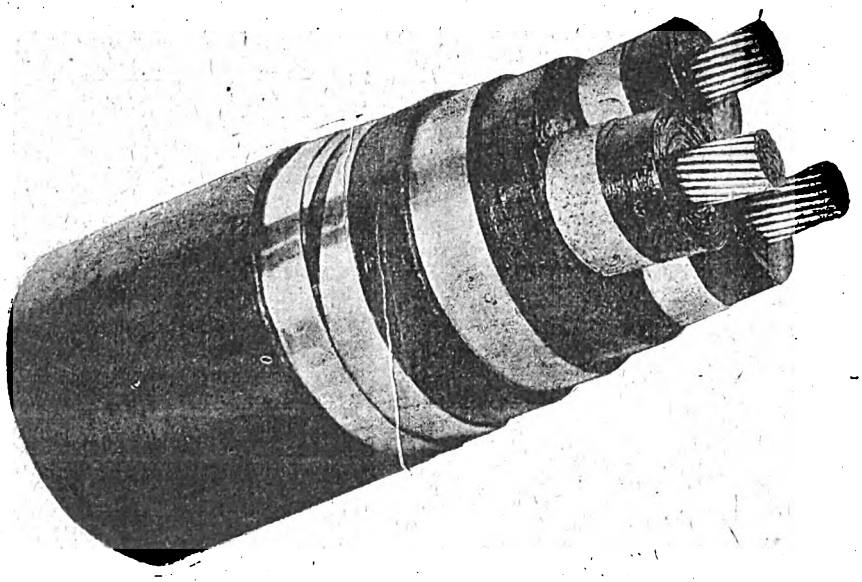
MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4.000.000 DE FRA
11, rue Petit, 11 — CLICHY (Seine)
Registre du Commerce : Seine N° 208.871 B. Téléph. : Marcadet 25-57

USINES A CLICHY ET A SENS

FONDERIE DE FER

FONTES MÉCANIQUES POUR L'INDUSTRIE ÉLECTRI
MOULAGE MÉCANIQUE — PIÈCES EN SÉRIE
PIÈCES SUR PLANS, SUR MODÈLES OU TROUSS



Câble de 3 × 150 m/m² — 60.000 volts isolé au papier imprégné sous plomb et armé pouvant transporter 25.000 KW. — Cos φ = 0,8.

CABLES en tous genres et pour toutes tensions en usage

CUIVRE NU — TUBES ISOLATEURS

ISOLANTS MOULÉS — PIÈCES MOULÉES

Forges et Ateliers de Constructions électri

DE

JEUMONT

Société anonyme au capital de 80 000 000 de francs
Siège social : 75, Boulevard Haussmann, PARIS
R. C. Seine N° 167.217
Direction générale à JEUMONT (Nord)

AGENCES PRINCIPALES A :

PARIS : 49, rue des Mathurins.
MARSEILLE : 39, rue Thubaneau.
BORDEAUX : 3bis cours de Tournon.
NANTES : 5, Quai Fosse.
ROUEN : 16, rue du Bac.
LYON : 53, Cours de la Liberté.
NANCY : 53, rue du Faubourg Saint-Jean
LILLE : 7, rue de Pas.
STRASBOURG : 5, rue Kuhn.

Digitized by Google

36e Année — N° 847 — 10 Octobre 1927

LIBRARY DIVISION

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE
ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

FONDÉE PAR E. HOSPITALIER

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

FONDATEURS

MM.
ABDANK-ABAKANOWICZ, Ingénieur-Conseil;
RENÉ ARNOUX, Ingénieur;
PAUL BARBIER, Électricien;
BARDON, Constructeur;
J. CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur;
COMPAGNIE CONTINENTALE ÉDISON;
COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON;
FRAGER, Administrateur de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs;
H. FONTAINE, Ingénieur civil;
X. GARNOT, Ingénieur, Entrepreneur de Stations centrales d'énergie électrique;
CH.-ÉD. GUILLAUME, Directeur du Bureau intern. des Poids et Mesures;
JEAN-JACQUES HEILMANN, Ingénieur;
E. HOSPITALIER, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'Ecole de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris;
HOURY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de fils et câbles électriques;
E. JULIEN, Ingénieur;
J. LAFFARGUE, Ingénieur-Électricien;
A. LAHURE, Imprimeur-Éditeur;
P. LEMONNIER, Ingénieur;

MM.
AUG. LALANCE, Administrateur-Délégué de la Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy;
MAISON BREGUET;
G. MASSON, Libraire-Éditeur;
MENIER, Manufacturier;
CH. MILDÉ, Constructeur-Électricien;
LOUIS MORS, Ingénieur des Arts et Manufactures;
R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures;
POSTEL-VINAY, Ingénieur-Constructeur;
JULES RICHARD, fondateur et successeur de la maison Richard frères;
F. DE ROMILLY;
G. ROUX, ancien Directeur du Bureau de contrôle des installations électriques;
SCHNEIDER ET Cie, Usines du Creusot;
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES;
SOCIÉTÉ ANONYME CANCE;
SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ;
SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX;
GASTON TISSANDIER, Directeur de *La Nature*;
LAZARE WEILLER, Manufacturier.

ABONNEMENTS { Paris et Départements : Un an. . . . . 30 francs
Union Postale : Un an. . . . . 40 francs

PRIX DU NUMÉRO : 1 fr. 60
Pour l'Étranger : 2 fr. 50

Directeur : **A. LAHURE**

Rédacteur en Chef : **A. SOULIER**
EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE

RÉDACTION
9, Rue de Fleurus, Paris (VIe)
Téléphone : Ségur 04-23 - 04-44

ADMINISTRATION
9, Rue de Fleurus, Paris (VIe)
Chèques Postaux : Paris 920-28

PARIS
A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
9, RUE DE FLEURUS, 9 (VIe ARROND.)

Digitized by Google

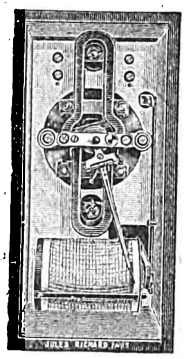
ENREGISTREURS

ANCIENNE MAISON
RICHARD Frères

Demander le catalogue
25, Rue MÉLINGUE, Paris

RICHARD

Par la surveillance constante et le contrôle qu'ils exercent sur toutes les opérations industrielles, ils permettent de réaliser de notables économies qui amortissent très rapidement le prix de l'appareil.



APPAREILS DE MESURES POUR TABLEAUX

Courant continu et courants alternatifs
Ampèremètres. — Voltmètres.
Wattmètres. — Boites de contrôle.
Ohmmètres. — Milli-ampèremètres.

Contrôle de la marche des usines

Manomètres.
Indicateurs et enregistreurs de tirage.
Indicateurs dynamométriques.
Cinémomètres.
Indicateurs de niveau sur place et à distance.
Thermomètres. — Pyromètres.
Hygromètres, etc.

Grands Prix aux Expositions universelles et internationales

A LA MÊME MAISON

LE VÉRASCOPE ET LE GLYPHOSCOPE
Appareils de photographie stéréoscopique

VENTE AU DÉTAIL: 10, rue Halévy (Opéra)

Fournisseur des principales Compagnies d'Éclairage électrique et de Transport de Force.

Société Anme des Établissements Jules RICHARD
au capital de six millions de francs
25, RUE MELINGUE, PARIS
R. C. Seine, N° 174-227.

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ

MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4.000.000 DE FRANCS
11, rue Petit, 11 — CLICHY (Seine)
Registre du Commerce : Seine N° 208.871 B. Téléph. : Marcadet 25-57 – 58

USINES A CLICHY ET A SENS

FONDERIE DE FER

FONTES MÉCANIQUES POUR L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE
MOULAGE MÉCANIQUE — PIÈCES EN SÉRIE
PIÈCES SUR PLANS, SUR MODÈLES OU TROUSSEAU

BALAIS LE CARBONE

PILES LE CARBONE

Balais en charbon et compositions graphite et cuivre pour machines électriques

CHARBONS POUR MICROPHONES
ANNEAUX POUR JOINTS DE VAPEUR

PILES ÉLECTRIQUES DE TOUS SYSTÈMES

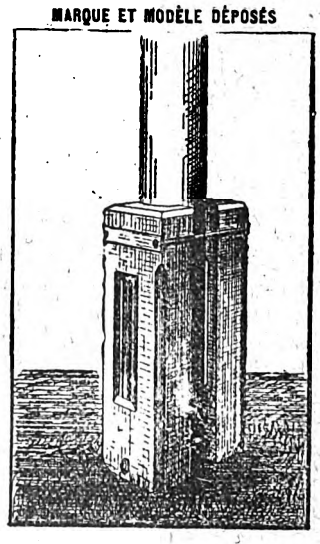
LE CARBONE
Société Anonyme. Capital : 2.800.000 Fr.
37, rue de Paris, GENNEVILLIERS (Seine)
R. C. Seine, N° 11.699.

Pour empêcher la destruction rapide de vos lignes électriques sur poteaux en bois exigez le

SOCLE "POTOFIX"

EN BÉTON ARMÉ
Agréé par les Secteurs de la Région Parisienne

MARQUE ET MODÈLE DÉPOSÉS



Extrêmement robuste
Montage simple et rapide
Pas de saillie dangereuse
Transport et Magasinage facile
Encombrement minimum

Entretien nul
Pas de perçage du poteau
Aération parfaite
Aspect esthétique
Stabilité maximum

S. DAVID

CONSTRUCTEUR
9, rue Emilio-Castelar, PARIS (12e)
Téléph. : Diderot 36-81

Le SOCLE "POTOFIX ajouré"
est adopté par la Cie Ouest-Lumière

NOMBREUSES RÉFÉRENCES
R. C. Seine 187-126.

RENSEIGNEMENTS ET PRIX SUR DEMANDE

Société Anonyme des Établissements

GINDRE-DUCHAVANY

CAPITAL : 6000000 DE FRANCS
LYON -:- 56, Avenue de Noailles, 56 -:- LYON
R. de C. Lyon, B. 4498.

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE, système C. LIMB

Dynamos génératrices, réceptrices, transformatrices, à courant continu ou alternatif — Dynamos à basse tension pour électrolyse — Commutatrices — Électromoteurs, Transformateurs de tension ou d'intensité — Ventilateurs et pompes électriques — Essoreuses électriques à une ou plusieurs vitesses, même très différentes.

CUIVRE rouge en barres et en bandes — **LAITON** rond, à 6 pans, et profilés — **MAILLECHORT, ALUMINIUM** en fils — **TRAITS** et **LAMES, OR** faux, rosette, **ARGENT** faux, mi-fin et fin — **PAILLONS**

Digitized by Google

36e Année N° 848 25 Octobre 1927

TECHNOLOGY DIVISION

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

RO'27

FONDÉE PAR E. HOSPITALIER

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

FONDATEURS

MM.

ABDANK-ABAKANOWICZ, Ingénieur-Conseil;
RENÉ ARNOUX, Ingénieur;
PAUL BARBIER, Électricien;
BARDON, Constructeur;
J. CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur;
COMPAGNIE CONTINENTALE ÉDISON;
COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON;
FRAGER, Administrateur de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs;
H. FONTAINE, Ingénieur civil;
X. GARNOT, Ingénieur, Entrepreneur de Stations centrales d'énergie électrique;
CH.-ÉD. GUILLAUME, Directeur du Bureau intern. des Poids et Mesures;
JEAN-JACQUES HEILMANN, Ingénieur;
E. HOSPITALIER, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'Ecole de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris;
HOURY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de fils et câbles électriques;
E. JULIEN, Ingénieur;
J. LAFFARGUE, Ingénieur-Électricien;
A. LAHURE, Imprimeur-Éditeur;
P. LEMONNIER, Ingénieur;

MM.

AUG. LALANCE, Administrateur-Délégué de la Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy;
MAISON BREQUET;
G. MASSON, Libraire-Éditeur;
MENIER, Manufacturier;
CH. MILDÉ, Constructeur-Électricien;
LOUIS MORS, Ingénieur des Arts et Manufactures;
R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures;
POSTEL-VINAY, Ingénieur-Constructeur;
JULES RICHARD, fondateur et successeur de la maison Richard frères;
F. DE ROMILLY;
G. ROUX, ancien Directeur du Bureau de contrôle des installations électriques;
SCHNEIDER ET Cie, Usines du Creusot;
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES;
SOCIÉTÉ ANONYME CANCE;
SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ;
SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX;
GASTON TISSANDIER, Directeur de *La Nature*;
LAZARE WEILLER, Manufacturier.

ABONNEMENTS { Paris et Départements : Un an. . . . . 30 francs
Union Postale : Un an. . . . . 40 francs

PRIX DU NUMÉRO : 1 fr. 60
Pour l'Étranger : 2 fr. 50

Directeur : **A. LAHURE**

Rédacteur en Chef : **A. SOULIER**
EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE

RÉDACTION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI^e^)
Téléphone : Ségur 04-23 - 04-44

ADMINISTRATION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI^e^)
Chèques Postaux ; Paris 920-28

PARIS
A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
9, RUE DE FLEURUS, 9 (VI^e^ ARROND.)

Digitized by Google

ENREGISTREURS

ANCIENNE MAISON
RICHARD Frères

Demander le catalogue
25, Rue MÉLINGUE, Paris

RICHARD

Par la surveillance constante et le contrôle qu'ils exercent sur toutes les opérations industrielles, ils permettent de réaliser de notables économies qui amortissent très rapidement le prix de l'appareil.

APPAREILS DE MESURES POUR TABLEAUX

Courant continu et courants alternatifs
Ampèremètres. — Voltmètres.
Wattmètres. — Boîtes de contrôle.
Ohmmètres. — Milli-ampèremètres.

Contrôle de la marche des usines

Manomètres.
Indicateurs et enregistreurs de tirage.
Indicateurs dynamométriques.
Cinémomètres.
Indicateurs de niveau sur place et à distance.
Thermomètres. — Pyromètres.
Hygromètres, etc.

Grands Prix aux Expositions universelles et internationales

A LA MÊME MAISON

LE VÉRASCOPE ET LE GLYPHOSCOPE
Appareils de photographie stéréoscopique

VENTE AU DÉTAIL : 10, rue Halévy (Opéra)

Fournisseur des principales Compagnies d'Éclairage électrique et de Transport de Force.

Société Anᵉ des Établissements Jules RICHARD
au capital de six millions de francs
25, RUE MELINGUE, PARIS
R. C. Seine, N° 174-227.

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ

MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4.000.000 DE FRA
11, rue Petit, 11 — CLICHY (Seine)
Registre du Commerce : Seine N° 208.871 B. Téléph. : Marcadet 25-87

USINES A CLICHY ET A SENS

FONDERIE DE FER

FONTES MÉCANIQUES POUR L'INDUSTRIE ÉLECTR
MOULAGE MÉCANIQUE — PIÈCES EN SÉRIE
PIÈCES SUR PLANS, SUR MODÈLES OU TROUSS

Câble tripolaire avec armature de torons de fils d'acier pour toutes tensions en usage.

CABLES SOUTERRAINS

Fils et câbles isolés au caoutchouc

CABLES TÉLÉPHONIQUES ET TÉLÉGRAPHIQUES

TUBES ISOLATEURS

ISOLANTS MOULÉS ←→ PIÈCES MOULÉES

Forges et Ateliers de Constructions électri
DE

JEUMONT

Société anonyme au capital de 80 000 000 de fran
Siège social : 75, Boulevard Haussmann, PARIS
R. C. Seine N° 167.217
Direction générale à JEUMONT (Nord)

AGENCES PRINCIPALES A :

PARIS : 49, rue des Mathurins.
MARSEILLE : 39, rue Thubanneau.
BORDEAUX : 3bis cours de Tournon.
NANTES : 5, Quai Fosse.
ROUEN : 16, rue du Bac.
LYON : 53, Cours de la Liberté.
NANCY : 53, rue du Faubourg-Saint-Je
LILLE : 7, rue de Pas.
STRASBOURG : 5, rue Kuhn.

Digitized by Google

36e Année. N° 849 10 Novembre 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

FONDÉE PAR E. HOSPITALIER

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

FONDATEURS

MM.
ABDANK-ABAKANOWICZ, Ingénieur-Conseil;
RENÉ ARNOUX, Ingénieur;
PAUL BARBIER, Électricien;
BARDON, Constructeur;
J. CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur;
COMPAGNIE CONTINENTALE ÉDISON;
COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON;
FRAGER, Administrateur de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs;
H. FONTAINE, Ingénieur civil;
X. GARNOT, Ingénieur, Entrepreneur de Stations centrales d'énergie électrique;
CH.-ÉD. GUILLAUME, Directeur du Bureau intern. des Poids et Mesures;
JEAN-JACQUES HEILMANN, Ingénieur;
E. HOSPITALIER, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'Ecole de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris;
HOURY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de fils et câbles électriques;
E. JULIEN, Ingénieur;
J. LAFFARGUE, Ingénieur-Électricien;
A. LAHURE, Imprimeur-Éditeur;
P. LEMONNIER, Ingénieur;

MM.
AUG. LALANCE, Administrateur-Délégué de la Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy;
MAISON BREGUET;
G. MASSON, Libraire-Éditeur;
MENIER, Manufacturier;
CH. MILDÉ, Constructeur-Électricien;
LOUIS MORS, Ingénieur des Arts et Manufactures;
R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures;
POSTEL-VINAY, Ingénieur-Constructeur;
JULES RICHARD, fondateur et successeur de la maison Richard frères;
F. DE ROMILLY;
G. ROUX, ancien Directeur du Bureau de contrôle des installations électriques;
SCHNEIDER ET Cie, Usines du Creusot;
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES;
SOCIÉTÉ ANONYME CANCE;
SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ;
SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX;
GASTON TISSANDIER, Directeur de *La Nature*;
LAZARE WEILLER, Manufacturier.

ABONNEMENTS { Paris et Départements : Un an. . . . . 30 francs
Union Postale : Un an. . . . . 40 francs

PRIX DU NUMÉRO : 1 fr. 60
Pour l'Étranger : 2 fr. 50

Directeur : **A. LAHURE**

Rédacteur en Chef : **A. SOULIER**
EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE

RÉDACTION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI°)
Téléphone : Ségur 04-23 - 04-44

ADMINISTRATION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI°)
Chèques Postaux ; Paris 920-28

PARIS
A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
9, RUE DE FLEURUS, 9 (VIe ARROND.)

Digitized by Google

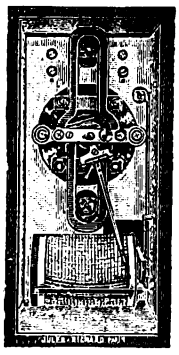
ENREGISTREURS

ANCIENNE MAISON
RICHARD Frères

Demander le catalogue
25, Rue MÉLINGUE, Paris

RICHARD

Par la surveillance constante et le contrôle qu'ils exercent sur toutes les opérations industrielles, ils permettent de réaliser de notables économies qui amortissent très rapidement le prix de l'appareil.



APPAREILS DE MESURES POUR TABLEAUX

Courant continu et courants alternatifs
Ampèremètres. — Voltmètres.
Wattmètres. — Boîtes de contrôle.
Ohmmètres. — Milli-ampèremètres.

Contrôle de la marche des usines

Manomètres.
Indicateurs et enregistreurs de tirage.
Indicateurs dynamométriques.
Cinémomètres.
Indicateurs de niveau sur place et à distance.
Thermomètres. — Pyromètres.
Hygromètres, etc.

Grands Prix aux Expositions universelles et internationales

A LA MÊME MAISON

LE VÉRASCOPE ET LE GLYPHOSCOPE
Appareils de photographie stéréoscopique

VENTE AU DÉTAIL : 10, rue Halévy (Opéra)

Fournisseur des principales Compagnies d'Éclairage électrique et de Transport de Force.

Société Anne des Établissements Jules RICHARD
au capital de six millions de francs
25, RUE MELINGUE, PARIS
R. C. Seine, N° 174-227.

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ

MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4.000.000 DE FRANCS
11, rue Petit, 11 — CLICHY (Seine)
Registre du Commerce ; Seine N° 208.871 B. Téléph. : Marcadet 25-57 — 25-5

USINES A CLICHY ET A SENS

FONDERIE DE FER

FONTES MÉCANIQUES POUR L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE
MOULAGE MÉCANIQUE — PIÈCES EN SÉRIE
PIÈCES SUR PLANS, SUR MODÈLES OU TROUSSES

BALAIS LE CARBONE
PILES LE CARBONE

Balais en charbon et compositions graphite et cuivre pour machines électriques

CHARBONS POUR MICROPHONES
ANNEAUX POUR JOINTS DE VAPEUR

PILES ÉLECTRIQUES DE TOUS SYSTÈMES

LE CARBONE
Société Anonyme. Capital : 2.800.000 Fr.
37, rue de Paris, GENNEVILLIERS (Seine)
R. C. Seine, N° 11.699.

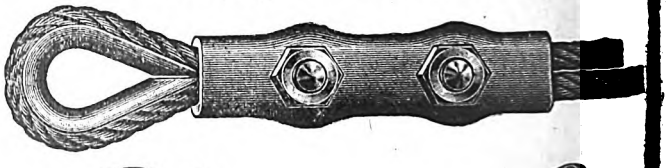
PRONER ET Cie

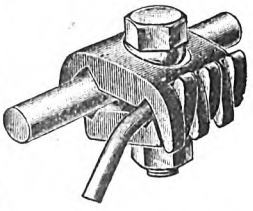
Anciens Établissements ZUFALL

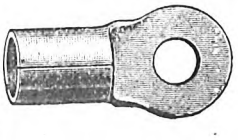
COSSES et RACCORDS

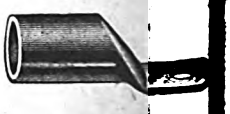
POUR INSTALLATION DE LIGNES ET POSTES ÉLECTRIQUES
EN BASSE ET HAUTE TENSION

Découpage et Emboutissage









USINE ET BUREAUX :
89, Rue de la Roquette — PARIS
Tél. : Roquette 80-28 CATALOGUE SUR DEM

A. POULAIN

CONSTRUCTEUR-ÉLECTRICIEN

***Bureaux et Usines :* 8 et 10, rue de la Chine**
PARIS (XX^e^)

Téléphone : ROQUETTE 12-74 et 82-17

GROS ET PETIT APPAREILLAGE

SPÉCIALITÉS DE DOUILLES TOUS MODÈLES

Interrupteurs, Prise de courant, Coupe-circuit, etc.
Appareils de tableaux, Matériel de colonnes

Digitized by Google

36e Année. N° 850 25 Novembre 1927

TECHNOLOGY DIVISION

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

FONDÉE PAR E. HOSPITALIER

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

FONDATEURS

MM.
ABDANK-ABAKANOWICZ, Ingénieur-Conseil ;
RENÉ ARNOUX, Ingénieur ;
PAUL BARBIER, Électricien ;
BARDON, Constructeur ;
J. CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur ;
COMPAGNIE CONTINENTALE ÉDISON ;
COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON ;
FRAGER, Administrateur de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs ;
H. FONTAINE, Ingénieur civil ;
X. GARNOT, Ingénieur, Entrepreneur de Stations centrales d'énergie électrique ;
CH.-ÉD. GUILLAUME, Directeur du Bureau intern. des Poids et Mesures ;
JEAN-JACQUES HEILMANN, Ingénieur ;
E. HOSPITALIER, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'Ecole de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris ;
HOURY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de fils et câbles électriques ;
E. JULIEN, Ingénieur ;
J. LAFFARGUE, Ingénieur-Électricien ;
A. LAHURE, Imprimeur-Éditeur ;
P. LEMONNIER, Ingénieur ;

MM.
AUG. LALANCE, Administrateur-Délégué de la Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy ;
MAISON BREGUET ;
G. MASSON, Libraire-Éditeur ;
MENIER, Manufacturier ;
CH. MILDÉ, Constructeur-Électricien ;
LOUIS MORS, Ingénieur des Arts et Manufactures ;
R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures ;
POSTEL-VINAY, Ingénieur-Constructeur ;
JULES RICHARD, fondateur et successeur de la maison Richard frères ;
F. DE ROMILLY ;
G. ROUX, ancien Directeur du Bureau de contrôle des installations électriques ;
SCHNEIDER ET Cie, Usines du Creusot ;
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES ;
SOCIÉTÉ ANONYME CANCE ;
SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ ;
SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX ;
GASTON TISSANDIER, Directeur de *La Nature* ;
LAZARE WEILLER, Manufacturier.

ABONNEMENTS { Paris et Départements : Un an. . . . . 30 francs
Union Postale : Un an. . . . . 40 francs

PRIX DU NUMÉRO : 1 fr. 60
Pour l'Étranger : 2 fr. 50

Directeur : **A. LAHURE**

Rédacteur en Chef : **A. SOULIER**
EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE

RÉDACTION
9, Rue de Fleurus, Paris (VIe)
Téléphone : Ségur 04-23 - 04-44

ADMINISTRATION
9, Rue de Fleurus, Paris (VIe)
Chèques Postaux ; Paris 920-28

PARIS
A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
9, RUE DE FLEURUS, 9 (VIe ARROND.)

Digitized by Google

ENREGISTREURS

ANCIENNE MAISON
RICHARD Frères

Demander le catalogue
25, Rue MÉLINGUE, Paris

RICHARD

Par la surveillance constante et le contrôle qu'ils exercent sur toutes les opérations industrielles, ils permettent de réaliser de notables économies qui amortissent très rapidement le prix de l'appareil.

APPAREILS DE MESURES POUR TABLEAUX

Courant continu et courants alternatifs
Ampèremètres. — Voltmètres.
Wattmètres. — Boîtes de contrôle.
Ohmmètres. — Milli-ampèremètres.

Contrôle de la marche des usines

Manomètres.
Indicateurs et enregistreurs de tirage.
Indicateurs dynamométriques.
Cinémomètres.
Indicateurs de niveau sur place et à distance.
Thermomètres. — Pyromètres.
Hygromètres, etc.

Grands Prix aux Expositions universelles et internationales

A LA MÊME MAISON

LE VÉRASCOPE ET LE GLYPHOSCOPE
Appareils de photographie stéréoscopique

VENTE AU DÉTAIL : 10, rue Halévy (Opéra)

Fournisseur des principales Compagnies d'Éclairage électrique et de Transport de Force.

Société Anᵉ des Établissements Jules RICHARD
au capital de six millions de francs
25, RUE MELINGUE, PARIS
R. C. Seine, N° 174-227.

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ

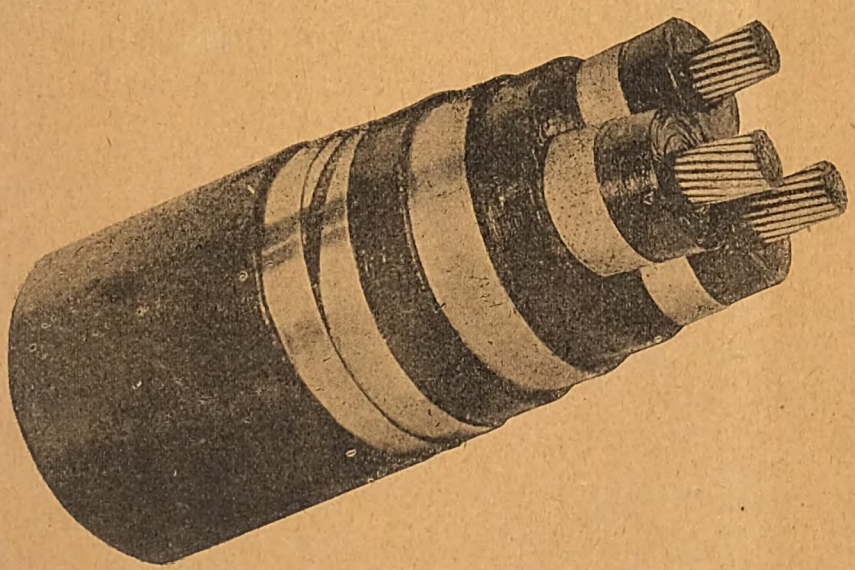
MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4.000.000 DE FRANCS
11, rue Petit, 11 — CLICHY (Seine)
Registre du Commerce : Seine N° 208.871 B. Téléph. : Marcadet 25-57 – 26-43

USINES A CLICHY ET A SENS

FONDERIE DE FER

FONTES MÉCANIQUES POUR L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE
MOULAGE MÉCANIQUE — PIÈCES EN SÉRIE
PIÈCES SUR PLANS, SUR MODÈLES OU TROUSSÉES



Câble de 3 × 150 m/m² — 60.000 volts isolé au papier imprégné sous plomb et armé pouvant transporter 25.000 KW. — Cos φ = 0,8.

CABLES en tous genres et pour toutes tensions en usage

CUIVRE NU — TUBES ISOLATEURS
ISOLANTS MOULÉS — PIÈCES MOULÉES

Forges et Ateliers de Constructions électriques

DE

JEUMONT

Société anonyme au capital de **80 000 000** de francs
Siège social : 75, Boulevard Haussmann, PARIS (8e)
R. C. Seine N° 167.217
Direction générale à JEUMONT (Nord)

AGENCES PRINCIPALES A :

PARIS : 49, rue des Mathurins.
MARSEILLE : 39, rue Thubanneau.
BORDEAUX : 3bis cours de Tournon.
NANTES : 5, Quai Fosse.
ROUEN : 16, rue du Bac.
LYON : 53, Cours de la Liberté.
NANCY : 53, rue du Faubourg Saint-Jean
LILLE : 7, rue de Pas.
STRASBOURG : 5, rue Kuhn.

Digitized by Google

TECHNOLOGY DIVISION

36e Année — N° 851 — 10 Décembre 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE
ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

FONDÉE PAR E. HOSPITALIER

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

FONDATEURS

MM.
ABDANK-ABAKANOWICZ, Ingénieur-Conseil ;
RENÉ ARNOUX, Ingénieur ;
PAUL BARBIER, Électricien ;
BARDON, Constructeur ;
J. CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur ;
COMPAGNIE CONTINENTALE ÉDISON ;
COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON ;
FRAGER, Administrateur de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs ;
H. FONTAINE, Ingénieur civil ;
X. GARNOT, Ingénieur, Entrepreneur de Stations centrales d'énergie électrique ;
CH.-ÉD. GUILLAUME, Directeur du Bureau intern. des Poids et Mesures ;
JEAN-JACQUES HEILMANN, Ingénieur ;
E. HOSPITALIER, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'Ecole de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris ;
HOURY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de fils et câbles électriques ;
E. JULIEN, Ingénieur ;
J. LAFFARGUE, Ingénieur-Électricien ;
A. LAHURE, Imprimeur-Éditeur ;
P. LEMONNIER, Ingénieur ;

MM.
AUG. LALANCE, Administrateur-Délégué de la Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy ;
MAISON BREGUET ;
G. MASSON, Libraire-Éditeur ;
MENIER, Manufacturier ;
CH. MILDÉ, Constructeur-Électricien ;
LOUIS MORS, Ingénieur des Arts et Manufactures ;
R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures ;
POSTEL-VINAY, Ingénieur-Constructeur ;
JULES RICHARD, fondateur et successeur de la maison Richard frères ;
F. DE ROMILLY ;
G. ROUX, ancien Directeur du Bureau de contrôle des installations électriques ;
SCHNEIDER ET Cie, Usines du Creusot ;
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES ;
SOCIÉTÉ ANONYME CANCE ;
SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ ;
SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX ;
GASTON TISSANDIER, Directeur de *La Nature* ;
LAZARE WEILLER, Manufacturier.

ABONNEMENTS { Paris et Départements : Un an. . . . . 30 francs
Union Postale : Un an. . . . . 40 francs

PRIX DU NUMÉRO : 1 fr. 60
Pour l'Étranger : 2 fr. 50

Directeur : **A. LAHURE**

Rédacteur en Chef : **A. SOULIER**
EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE

RÉDACTION
9, Rue de Fleurus, Paris (VIe)
Téléphone : Ségur 04-23 - 04-44

ADMINISTRATION
9, Rue de Fleurus, Paris (VIe)
Chèques Postaux : Paris 920-28

PARIS
A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
9, RUE DE FLEURUS, 9 (VIe ARROND.)

Digitized by Google

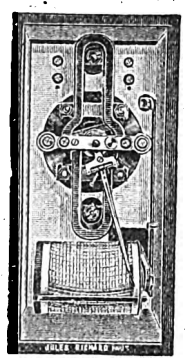
ENREGISTREURS

ANCIENNE MAISON
RICHARD Frères

Demander le catalogue
25, Rue MÉLINGUE, Paris

RICHARD

Par la surveillance constante et le contrôle qu'ils exercent sur toutes les opérations industrielles, ils permettent de réaliser de notables économies qui amortissent très rapidement le prix de l'appareil.



APPAREILS DE MESURES POUR TABLEAUX

Courant continu et courants alternatifs
Ampèremètres. — Voltmètres.
Wattmètres. — Boîtes de contrôle.
Ohmmètres. — Milli-ampèremètres.

Contrôle de la marche des usines

Manomètres.
Indicateurs et enregistreurs de tirage.
Indicateurs dynamométriques.
Cinémomètres.
Indicateurs de niveau sur place et à distance.
Thermomètres. — Pyromètres.
Hygromètres, etc.

Grands Prix aux Expositions universelles et internationales

A LA MÊME MAISON

LE VÉRASCOPE ET LE GLYPHOSCOPE
Appareils de photographie stéréoscopique.

VENTE AU DÉTAIL: 10, rue Halévy (Opéra)

Fournisseur des principales Compagnies d'Éclairage électrique et de Transport de Force.

Société Anonyme des Établissements Jules RICHARD
au capital de six millions de francs
25, RUE MELINGUE, PARIS
R. C. Seine, N° 174-227

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ

MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4.000.000 DE FRANCS
11, rue Petit, 11 — CLICHY (Seine)
Registre du Commerce : Seine N° 208.871 B. Téléph. : Marcadet 25-57

USINES A CLICHY ET A SENS

FONDERIE DE FER

FONTES MÉCANIQUES POUR L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE
MOULAGE MÉCANIQUE — PIÈCES EN SÉRIE
PIÈCES SUR PLANS, SUR MODÈLES OU TROUSSEAUX

BALAIS LE CARBONE

PILES LE CARBONE

Balais en charbon et compositions graphite et cuivre pour machines électriques

CHARBONS POUR MICROPHONES
ANNEAUX POUR JOINTS DE VAPEUR

PILES ÉLECTRIQUES DE TOUS SYSTÈMES

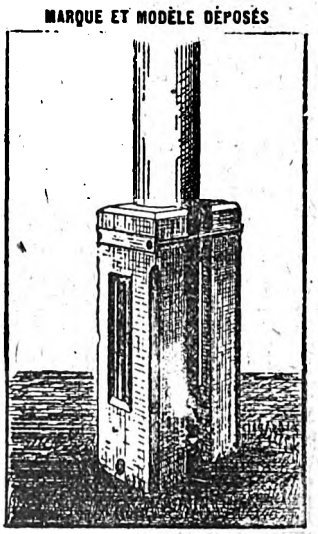
LE CARBONE
Société Anonyme. Capital : 2.800.000 Fr.
37, rue de Paris, GENNEVILLIERS (Seine)
R. C. Seine, N° 11 699.

Pour empêcher la destruction rapide de vos lignes électriques sur poteaux en bois
exigez le

SOCLE "POTOFIX"

EN BÉTON ARMÉ
Agréé par les Secteurs de la Région Parisienne

MARQUE ET MODÈLE DÉPOSÉS



Extrêmement robuste
Montage simple et rapide
Pas de saillie dangereuse
Transport et Magasinage faciles
Encombrement minimum

Entretien nul
Pas de perçage du poteau
Aération parfaite
Aspect esthétique
Stabilité maximum

S. DAVID

CONSTRUCTEUR
9, rue Emilio-Castelar, PARIS (12e)
Téléph. : Diderot 36-81

Le SOCLE "POTOFIX" ajouré
est adopté par la Cie Ouest-Lumière

NOMBREUSES RÉFÉRENCES
R. C. Seine 187-126.

RENSEIGNEMENTS ET PRIX SUR DEMANDE

Société Anonyme des Établissements

GINDRE-DUCHAVANY

CAPITAL : 6000000 DE FRANCS
LYON -:- 56, Avenue de Noailles, 56 -:- LYON
R. de C. Lyon, B. 4498.

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE, système C. LIMB

Dynamos génératrices, réceptrices, transformatrices, à courant continu ou alternatif — Dynamos à basse tension pour électrolyse — Commutatrices — Électromoteurs, Transformateurs de tension ou d'intensité — Ventilateurs et pompes électriques — Essoreuses électriques à une ou plusieurs vitesses, même très différentes.

CUIVRE rouge en barres et en bandes — **LAITON** rond, à 6 pans, et profilés — **MAILLECHORT, ALUMINIUM** en fils — **TRAITS et LAMES, OR** faux, rosette, **ARGENT** faux, mi-fin et fin — **PAILLONS**

Digitized by Google

SCIENCE DIVISION
Ja 27'28

Année N° 852 25 Décembre 1927

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE

REVUE DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE

ET DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

FONDÉE PAR E. HOSPITALIER

PARAISSANT LE 10 ET LE 25 DE CHAQUE MOIS

FONDATEURS

MM.

ABDANK-ABAKANOWICZ, Ingénieur-Conseil;
RENÉ ARNOUX, Ingénieur;
PAUL BARBIER, Électricien;
BARDON, Constructeur;
J. CARPENTIER, Ingénieur-Constructeur;
COMPAGNIE CONTINENTALE ÉDISON;
COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON;
FRAGER, Administrateur de la Compagnie pour la fabrication des Compteurs;
H. FONTAINE, Ingénieur civil;
X. GARNOT, Ingénieur, Entrepreneur de Stations centrales d'énergie électrique;
CH.-ÉD. GUILLAUME, Directeur du Bureau intern. des Poids et Mesures;
JEAN-JACQUES HEILMANN, Ingénieur;
E. HOSPITALIER, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'Ecole de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris;
HOURY, Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de fils et câbles électriques;
E. JULIEN, Ingénieur;
J. LAFFARGUE, Ingénieur-Électricien;
A. LAHURE, Imprimeur-Éditeur;
P. LEMONNIER, Ingénieur;

MM.

AUG. LALANCE, Administrateur-Délégué de la Société anonyme d'éclairage électrique du Secteur de la place Clichy;
MAISON BREGUET;
G. MASSON, Libraire-Éditeur;
MENIER, Manufacturier;
CH. MILDÉ, Constructeur-Électricien;
LOUIS MORS, Ingénieur des Arts et Manufactures;
R.-V. PICOU, Ingénieur des Arts et Manufactures;
POSTEL-VINAY, Ingénieur-Constructeur;
JULES RICHARD, fondateur et successeur de la maison Richard frères;
F. DE ROMILLY;
G. ROUX, ancien Directeur du Bureau de contrôle des installations électriques;
SCHNEIDER ET Cie, Usines du Creusot;
SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES;
SOCIÉTÉ ANONYME CANCE;
SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ;
SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX;
GASTON TISSANDIER, Directeur de *La Nature*;
LAZARE WEILLER, Manufacturier.

ABONNEMENTS { Paris et Départements : Un an. . . . . 30 francs
Union Postale : Un an. . . . . 40 francs

PRIX DU NUMÉRO : 1 fr. 60
Pour l'Étranger : 2 fr. 50

Directeur : **A. LAHURE**

Rédacteur en Chef : **A. SOULIER**
EXPERT PRÈS LE TRIBUNAL CIVIL DE LA SEINE

RÉDACTION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI°)
Téléphone : Ségur 04-23 - 04-44

ADMINISTRATION
9, Rue de Fleurus, Paris (VI°)
Chèques Postaux : Paris 920-28

PARIS
A. LAHURE, IMPRIMEUR-ÉDITEUR
9, RUE DE FLEURUS, 9 (VI° ARROND.)

Digitized by Google

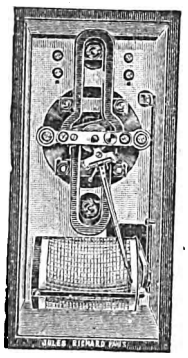
ENREGISTREURS

ANCIENNE MAISON
RICHARD Frères

Demander le catalogue
25, Rue MÉLINGUE, Paris

RICHARD

Par la surveillance constante et le contrôle qu'ils exercent sur toutes les opérations industrielles, ils permettent de réaliser de notables économies qui amortissent très rapidement le prix de l'appareil.



APPAREILS DE MESURES POUR TABLEAUX

Courant continu et courants alternatifs
Ampèremètres. — Voltmètres.
Wattmètres. — Boîtes de contrôle
Ohmmètres. — Milli-ampèremètres.

Contrôle de la marche des usines

Manomètres.
Indicateurs et enregistreurs de tirage.
Indicateurs dynamométriques.
Cinémomètres.
Indicateurs de niveau sur place et à distance.
Thermomètres. — Pyromètres.
Hygromètres, etc.

Grands Prix aux Expositions universelles et internationales

A LA MÊME MAISON

LE VÉRASCOPE ET LE GLYPHOSCOPE
Appareils de photographie stéréoscopique

VENTE AU DÉTAIL : 10, rue Halévy (Opéra)

Fournisseur des principales Compagnies d'Éclairage électrique et de Transport de Force.

Société Anᵉ des Établissements Jules RICHARD
au capital de six millions de francs
25, RUE MELINGUE, PARIS
R. C. Seine, N° 174-227

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRICITÉ

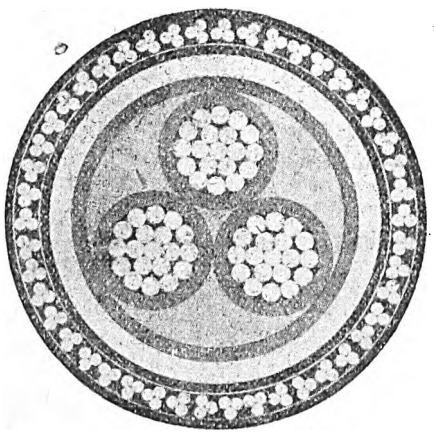
MORS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 4.000.000 DE FRANC
11, rue Petit, 11 — CLICHY (Seine)
Registre du Commerce ; Seine N° 208.871 B. Téléph. : Marcadet 25-57 –

USINES A CLICHY ET A SENS

FONDERIE DE FER

FONTES MÉCANIQUES POUR L'INDUSTRIE ÉLECTRIQ
MOULAGE MÉCANIQUE — PIÈCES EN SÉRIE
PIÈCES SUR PLANS, SUR MODÈLES OU TROUSS



Câble tripolaire avec armature de torons de fils d'acier pour toutes tensions en usage.

CABLES SOUTERRAINS

Fils et câbles isolés au caoutchouc

CABLES TÉLÉPHONIQUES ET TÉLÉGRAPHIQUES

TUBES ISOLATEURS

ISOLANTS MOULÉS ↔ PIÈCES MOULÉES

Forges et Ateliers de Constructions électri

DE

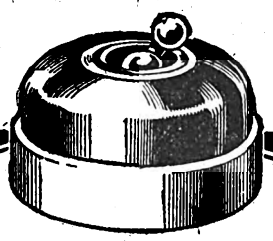
JEUMONT

Société anonyme au capital de 80 000 000 de francs
Siège social : 75, Boulevard Haussmann, PARIS
R. C. Seine N° 167.217
Direction générale à JEUMONT (Nord)

AGENCES PRINCIPALES A :

PARIS : 49, rue des Mathurins.
MARSEILLE : 39, rue Thubanneau.
BORDEAUX : 3bis cours de Tournon.
NANTES : 5, Quai Fosse.
ROUEN : 16, rue du Bac.
LYON : 53, Cours de la Liberté.
NANCY : 53, rue du Faubourg-Saint-Jea
LILLE : 7, rue de Pas.
STRASBOURG : 5, rue Kuhn.

Digitized by Google



Pourquoi nos TUMBLERS

BREVETÉS S. G. D. G.

sont faciles à vendre ?

Leurs avantages

Encombrement réduit.
Mouvement extra-brusque sur rotules.
Contacts à couteaux de grandes surfaces.
Isolement parfait du bouton et des couteaux.
Appareil simple, robuste, indéréglable, garantissant une longue durée de service.

Cet appareil répond aux derniers règlements de l'Union des Syndicats de l'Électricité.

Commandez : Interrupteur n° 521 — Va-et-vient n° 522

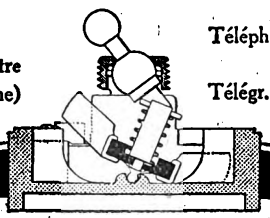
L'Appareillage Électrique de la Seine

Sté Ame — Capital : 1.400.000 Frs

fabrique en grande série le petit Appareillage pour Installations de Lumière

Production journalière : 25.000 Appareils

149 à 151,
rue Armand - Silvestre
COURBEVOIE (Seine)



Téléph. : Wagram 97-82
Courbevoie 87
Télégr. : Séal-Courbevoie

PUB. SEAL DÉPOSÉ

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE

Westendorp

10, Cité Phalsbourg, Paris (XIe)

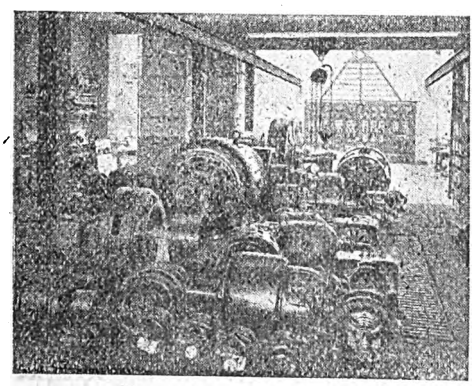
VENTE ET LOCATION

de tous

TEURS ÉLECTRIQUES, DYNAMOS, ALTERNATEURS, ETC.

Neufs et d'occasion, garantis un an

1.000 MOTEURS EN STOCK



Vue sur nos ateliers

Téléphone :
oquette 67-01 et 67-02

Adresse Télégraphique :
WESTENSION

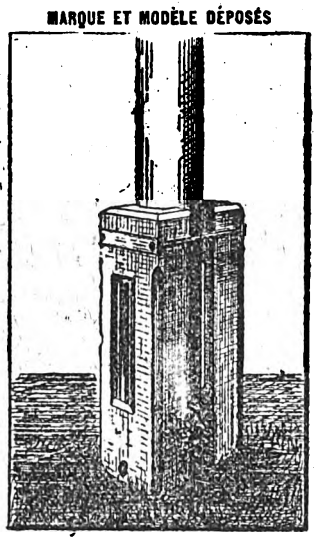
Pour empêcher la destruction rapide de vos lignes électriques sur poteaux en bois exigez le

SOCLE "POTOFIX"

EN BÉTON ARMÉ

Agréé par les Secteurs de la Région Parisienne

MARQUE ET MODÈLE DÉPOSÉS



Extrêmement robuste
Montage simple et rapide
Pas de saillie dangereuse
Transport et Magasinage facile
Encombrement minimum

Entretien nul
Pas de perçage du poteau
Aération parfaite
Aspect esthétique
Stabilité maximum

S. DAVID

CONSTRUCTEUR

9, rue Emilio-Castelar, PARIS (12e)

Téléph. : Diderot 36-31.

Le SOCLE "POTOFIX ajouré" est adopté par la Cie Ouest-Lumière

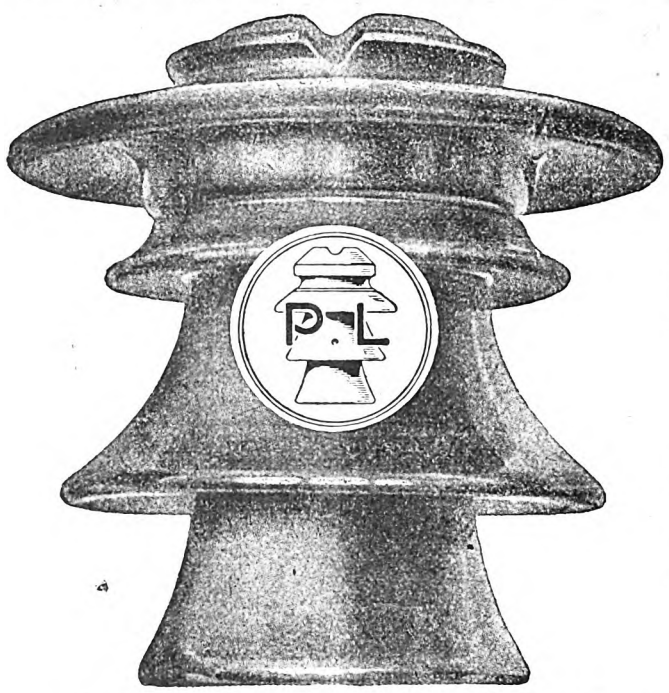
NOMBREUSES RÉFÉRENCES
R. C. Seine 187-126.

RENSEIGNEMENTS ET PRIX SUR DEMANDE

Digitized by Google

Basse Tension

ISOLATEURS DE LIGNES



Haute Tension

PORCELAINES POUR APPAREILLAGE

LA PORCELAINERIE DE LESQUIN

SOCIÉTÉ ANONYME — CAPITAL : 4.500.000 Frs

SIÈGE SOCIAL

173, Bd HAUSSMANN, PARIS (8e)

Téléph. : *Élysées, 42-90.*

R. C. PARIS, 193-179

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DES

TÉLÉPHONES

(Constructions électriques — Caoutchouc — Câbles)

CAPITAL : 54.000.000 DE FRANCS

25, Rue du Quatre-Septembre

PARIS (2e)

Adresse télégraphique :

TÉLÉPHONES-108-PARIS

o o o

Téléphone :

CENTRAL 46-80 — 46-81 — 46-82

GUTENBERG 71-97 — 71-98

APPAREILLAGE

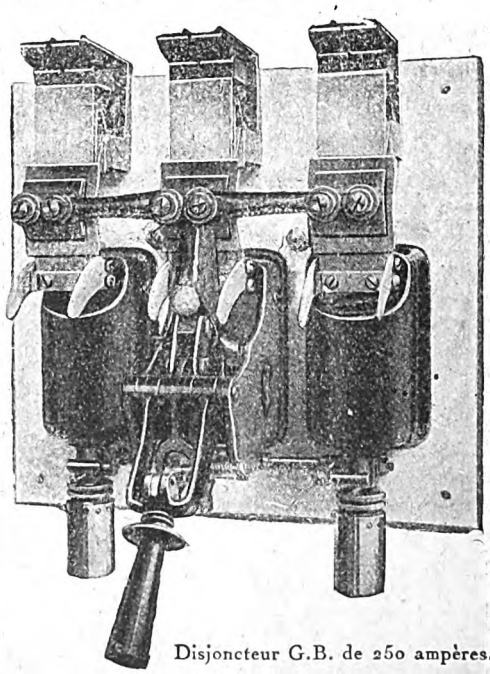
Haute tension jusqu'à 70.000 volts

Basse tension jusqu'à 20.000 ampères

o o o

FILS ET CABLES ISOLÉS

Fils émaillés — Câbles armés



Disjoncteur G.B. de 250 ampères.

TOUT

ce qui concerne la

TÉLÉPHONIE

manuelle et automatique

CAOUTCHOUC

SOUPLE ET DURCI

Dépôts : Alger, Bordeaux, Grenoble, Lille, Lyon, Marseille, Metz, Nancy, Nantes, Nice, Reims, Rouen, Strasbourg, Toulouse

Digitized by Google

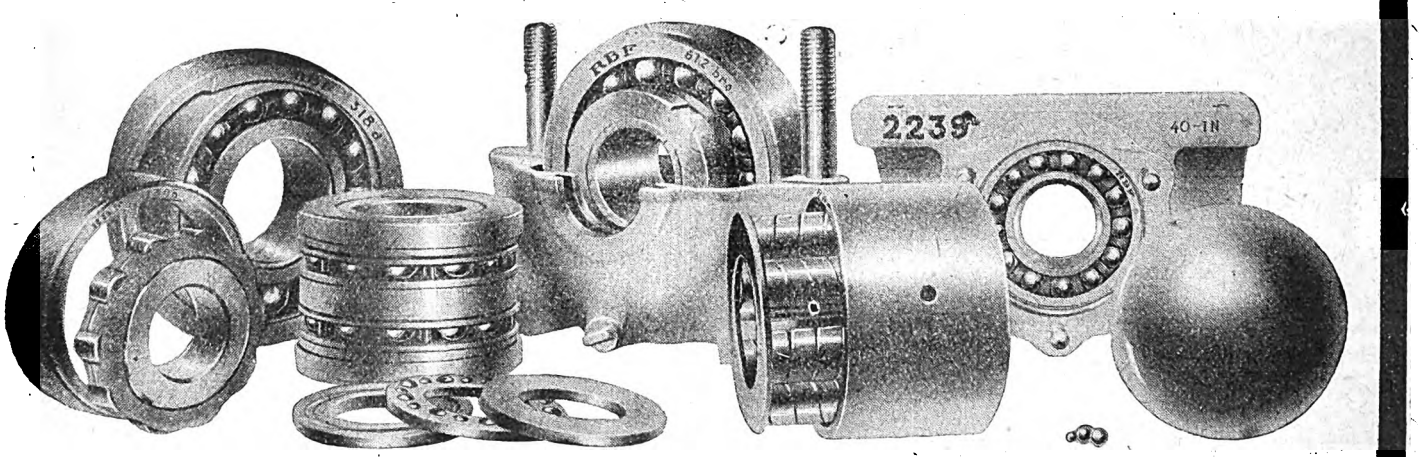
La LAMPE "Z"
est incassable et ne noircit pas

Elle est réputée pour :
l'éclat de sa lumière,
sa faible consommation, la solidité de son filament,
la constance de son pouvoir éclairant.

Monowatt - Demi-watt

SOCIÉTÉ LACARRIÈRE
27, Boul. Malesherbes
PARIS-VIII^e

"La CAM n'importe pas, elle fabrique."



RBF

ROULEMENTS A BILLES OU A ROULEAUX AVEC OU SANS ROTULE
PALIERS POUR TRANSMISSIONS ET MACHINES A BILLES OU A ROULEAUX AVEC OU SANS ROTULE
BOITES D'ESSIEUX POUR WAGONNETS
BILLES ACIER DE HAUTE PRECISION
BILLES BRONZE

RC.128842 CAM 15 AVENUE DE LA GRANDE-ARMÉE PARIS N° 508 D

Digitized by Google

L'Appareillage Électro-Industriel

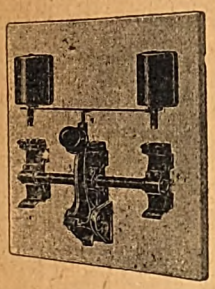
PÉTRIER, TISSOT et RAYBAUD

SOCIÉTÉ ANONYME

210, Avenue Félix-Faure, — LYON

Téléphone : Vaudrey 15-41. Vaudrey 15-42. Télégramme : Electro-Lyon. Chèques Postaux : Lyon, n° 9738.

Registre du Commerce : Lyon B. 456.



DÉPOTS

Paris — Bordeaux — Lille — Marseille — Nancy — Nice — Rouen — Toulouse.

AGENCES

Alger — Casablanca Bruxelles — Athènes — Constantinople — Alexandrie.

TOUT l'Appareillage Électrique HAUTE et BASSE TENSION

° ° °

La Maison ne traite qu'avec les Secteurs, Entrepreneurs d'Électricité et Maisons importantes ayant un Service Électrique.

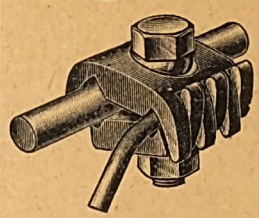
PRONER ET Cie

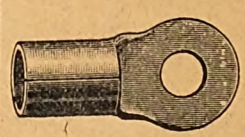
Anciens Établissements ZUFALL

COSSES et RACCORDS

POUR INSTALLATION DE LIGNES ET POSTES ÉLECTRIQUES EN BASSE ET HAUTE TENSION

Découpage et Emboutissage

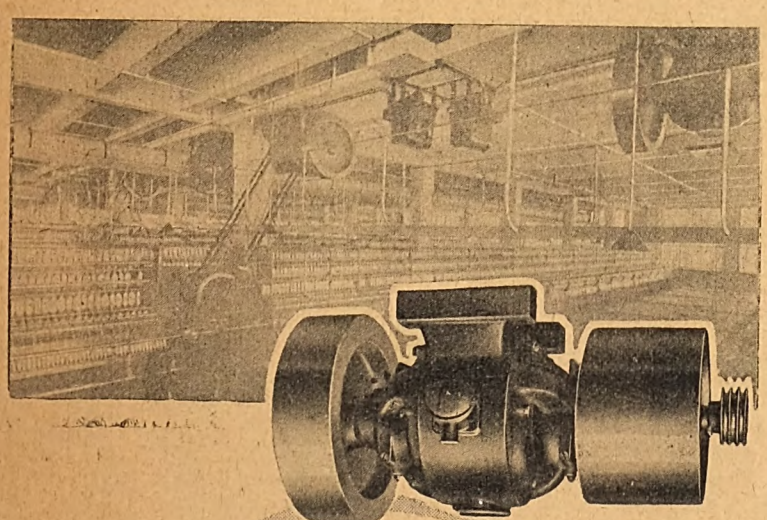




USINE ET BUREAUX :

89, Rue de la Roquette — PARIS

Tél. : Roquette 80-28 CATALOGUE SUR DEMANDE



COMMANDE INDIVIDUELLE DANS L'INDUSTRIE TEXTILE

AUGMENTATION DE LA PRODUCTION ET DE LA QUALITÉ PAR LE MOTEUR THOMSON, SYSTÈME BREVETÉ. NOMBREUSES INSTALLATIONS EFFECTUÉES.

LA Cie FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON PEUT OFFRIR LE MATÉRIEL RÉALISANT LES MEILLEURES SOLUTIONS.

1°) RENVIDEURS A FILER LA LAINE ET LE COTON ;
2°) MÉTIERS CONTINUS A FILER ;
3°) MÉTIERS A TISSER ;
4°) MÉTIERS A BONNETERIE ;
5°) MACHINES DE PRÉPARATION.

COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON

POUR L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS

SOCIÉTÉ ANONYME CAPITAL : 300.000.000 fr.

SIÈGE SOCIAL : 173 BOULEVARD HAUSSMANN — PARIS VIIIe

TÉLÉPHONE : ELYSÉES 83-70 & 83-79 — ADR. TÉLÉGRAPHIQUE : GÉNÉTRIC — PARIS

R.C. 60343 SEINE

SOCIÉTÉ U. H. Hiltebrand

SOCIÉTÉ ANONYME

60, rue de Provence, PARIS (9e)

REG. DU COM. SEINE N° 223.970 B.

Ad. Télégraph. HILTEBING-22-PARIS Tél. TRUDAINE { 12-0 36-8

POTEAUX TÉLÉGRAPHIQUES
Boucherie, Kyan, Créosotés

TRAVERSES DE CHEMIN DE FER
toutes dimensions

SOCLES BÉTON (type breveté)
Soubassements pour poteaux

ISOLATEURS VERRE & PORCELAINE
Ferrures galvanisées

TRANSFORMATEURS INDUSTRIELS & DE MESURE

APPAREILS DE CHAUFFAGE

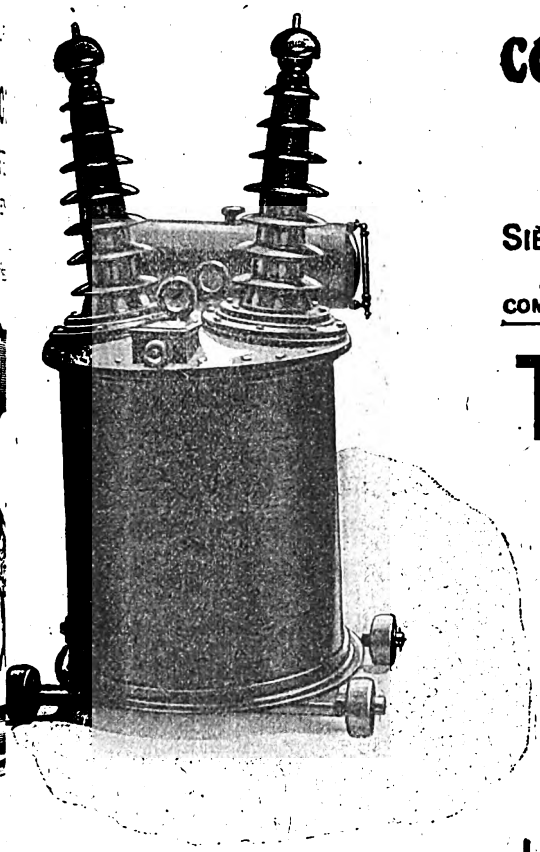
GROS & PETIT APPAREILLAGE
H. et B. Tension

LAMPES MONO ET 1/2 WATT

Tout ce qui concerne la Centrale et le Réseau

CHANTIER D'INJECTION et SCIERIE
Lamotte-Beuvron (L.-&-C.)

Digitized by Google



COMPAGNIE POUR LA FABRICATION DES

COMPTEURS et MATÉRIEL d'USINES à GAZ

EAU & ÉLECTRICITÉ

ACEC

SIÈGE SOCIAL : 12, Place des États-Unis, MONTROUGE (Seine)

Adresse Télégraphique : COMPTELUX-MONTROUGE

Téléphone : VAUGIRARD 12-00 à 12-04

TRANSFORMATEURS

DE MESURE

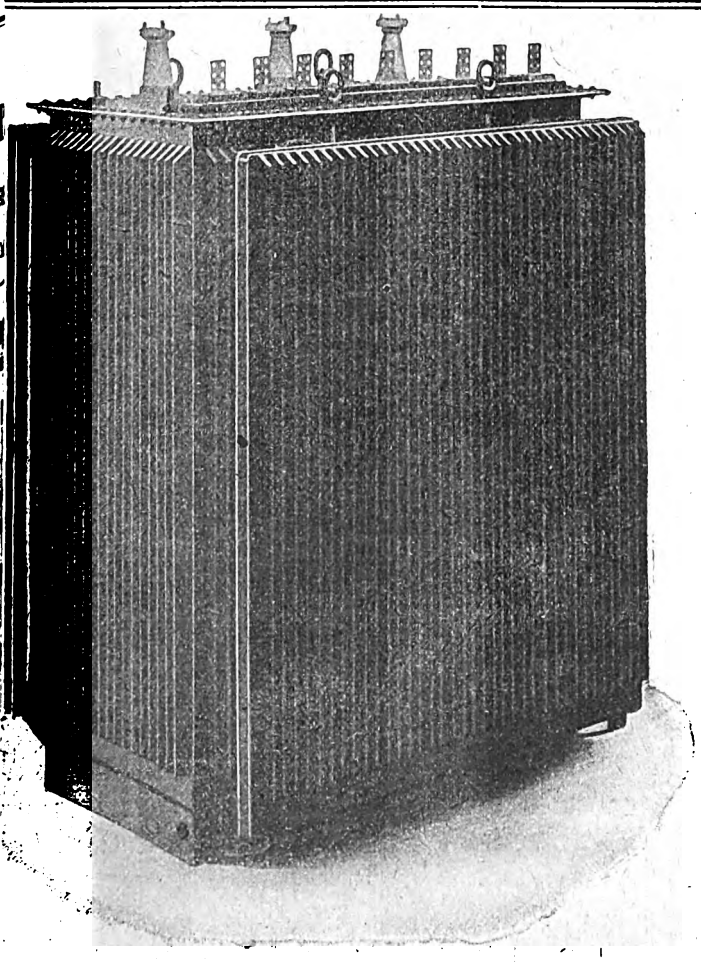
Pour Toutes Tensions

Modèles Industriels,
de Vérification,
de Laboratoires.

Bobines de Réactance

pour

L'ÉCOULEMENT DES CHARGES STATIQUES



Transformateur triphasé à refroidissement naturel. Puissance : 1.000 K V A.

ATELIERS DE

CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES

Tél. : 80-METZ
R. C. Metz Vol. VIII. N° 79

DE METZ

Adresse Télégraph. : "ÉLECTRIC-METZ"

Société Anonyme — Capital : 2.100.000 francs

Siège Social, Ateliers et Bureaux : 22, rue Clovis, à METZ.

AGENCE (Paris-Seine-Seine-et-Oise) : 112, Rue de Paris, MEUDON

Téléph. : Paris-Vaugirard 09-19

TRANSFORMATEURS

A PERTES NORMALES ET A PERTES RÉDUITES

ALTERNATEURS

MOTEURS ASYNCHRONES

MATÉRIEL A COURANT CONTINU

APPAREILLAGE

MOTEURS SPÉCIAUX

pour : MINES — MÉTALLURGIE
FILATURES — TISSAGES

RÉPARATIONS ET ENTRETIEN -:- PRIX ET RENSEIGNEMENTS SUR DEMANDE

Digitized by Google

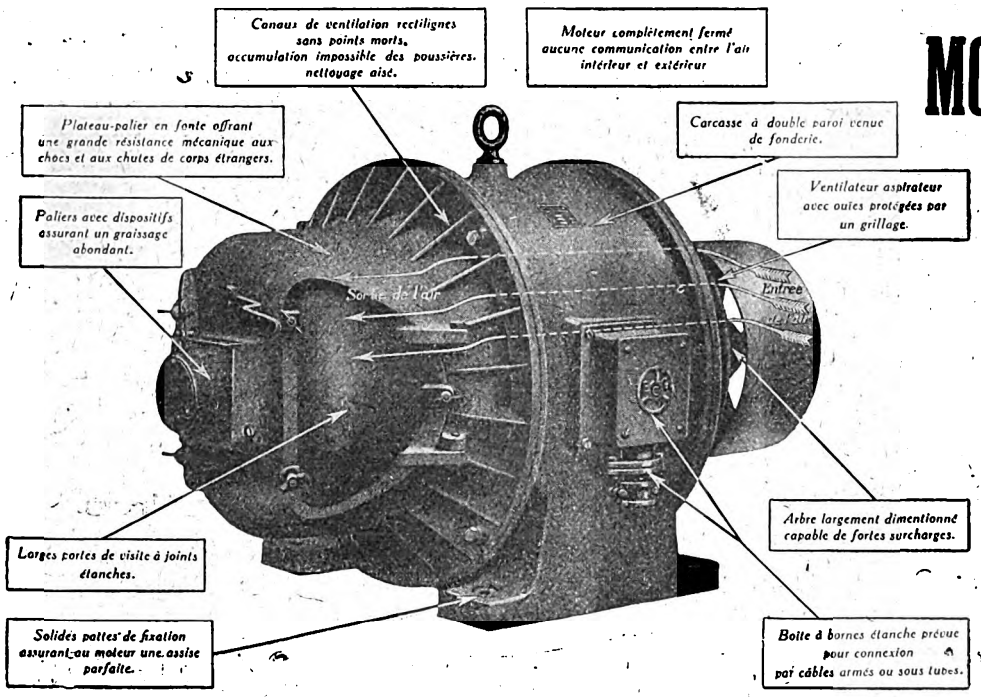
GRAMMONT

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES

DE LYON ET DU DAUPHINÉ

CAPITAL : 7.700.000 FRANCS

SERVICES ADMINISTRATIFS et EXPORTATION
10, rue d'Uzès, PARIS
SERVICES COMMERCIAUX et USINES :
160 et 220, route d'Heyrieux, à LYON



MOTEURS ASYNCHRONES

FERMÉS A DOUBLE ENVELOPPE

SÉRIE : M. V.

PARTICULIÈREMENT APPROPRIÉS A MINES, CARRIÈRES, USINES A CHAUX ET CIMENTS DE PRODUITS CHIMIQUES USINES D'AGGLOMÉRÉS DE HOUILLE FOURS A COKE MINOTERIES, CHAUFFERIES, ETC.

Les dispositifs utilisés dans le moteur ci-contre sont couverts par plusieurs brevets en France et à l'Étranger.

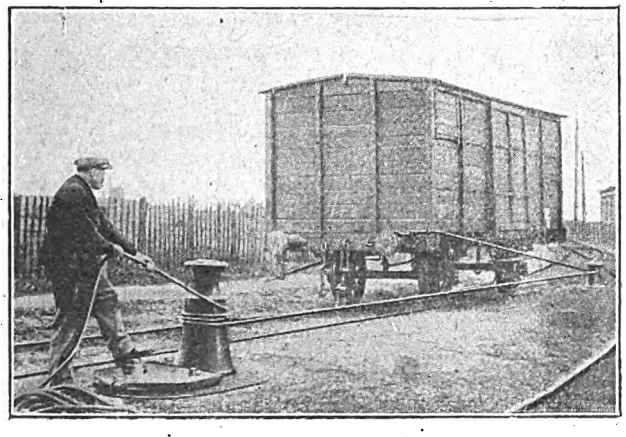
ÉTABLISSEMENTS

HILLAIRET

BUREAUX : 22, rue Vicq-d'Azir, PARIS (X^e^)
Téléphone : Nord 17-28
Ateliers à Paris et Persan (Seine-et-Oise)

DYNAMOS MOTEURS

TREUILS — CHARIOTS-TRANSBORDEURS
TRACTEURS



CABESTANS ELECTRIQUES

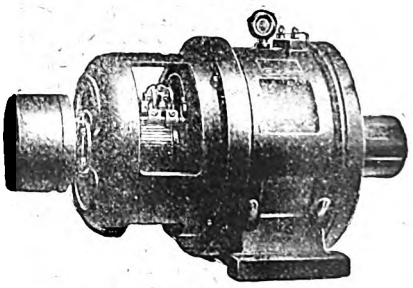
MOTEURS ÉLECTRIQUES

LEGENDRE FRÈRES

37, rue Saint-Fargeau, 37, PARIS (XX^e^)

Registre du Commerce Seine N° 60256

MAISON FONDÉE EN 1902



MOTEUR MONOPHASÉ A COLLECTEUR ET A COUPLEUR SPÉCIAL POUR ASCENSEURS ET MONTE-CHARGES

Téléphone :
MÉNILMONTANT 62-45
— 62-46
— 62-47

UNIS-FRANCE 1 2

Télégr. : LEGFRER-PARIS
Métro : SAINT-FARGEAU
Ligne n° 3

Digitized by Google

SOCIÉTÉ ALSACIENNE de Constructions Mécaniques

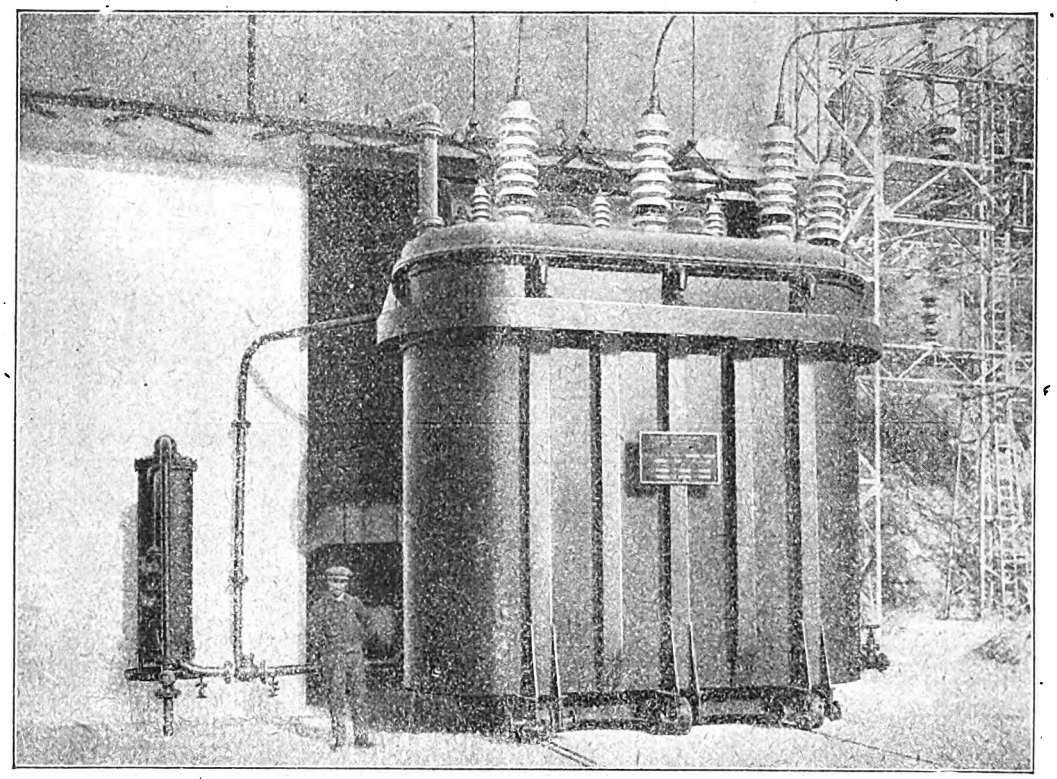
Usines à : BELFORT (Terr. de) - MULHOUSE (Haut-Rhin) - GRAFFENSTADEN (Bas-Rhin) - CLICHY (Seine)

Maison à PARIS, 32, rue de Lisbonne (8e)

Agences à :

BORDEAUX, 9, Cours du Chapeau-Rouge.
EPINAL, 12, Rue de la Préfecture.
LILLE, 61, Rue de Tournai.
LYON, 15, Rue Grolée.
MARSEILLE, 40, Rue Sainte.
NANCY, 21, Rue Saint-Dizier.
NANTES, 7, Rue Racine.
ROUEN, 7, Rue de Fontenelle.
STRASBOURG, 10, Rue de l'Écurie.
TOULOUSE, 21, Rue Lafayette.

UNIS-FRANCE



Transformateur triphasé pour montage à l'extérieur à bain d'huile et refroidissement par circulation d'huile de 15.000 kVA. 42.000/127.000 V, 50 périodes.
(Aciéries Électriques P. Girod, à Ugine.)

MATÉRIEL ÉLECTRIQUE

Dynamos, Alternateurs, Groupes électrogènes, Transformateurs, Convertisseurs, Commutatrices, Redresseurs à vapeur de mercure, Tableaux de distribution, Moteurs électriques de toutes puissances et pour toutes applications, Commandes électriques pour Laminoirs, Machines d'extraction électriques, Tramways et Locomotives électriques, Appareillage haute et basse tension, Fils et Câbles isolés pour l'électricité.

Chaudières, Machines et turbines à vapeur, Moteurs à gaz et installations d'épuration des gaz

INSTALLATION COMPLÈTE
DE STATIONS CENTRALES ET DE SOUS-STATIONS DE TRANSFORMATION

AUTRES FABRICATIONS : Turbo-compresseurs, Machines et turbo-soufflantes, Machines pour l'Industrie textile, Machines et Appareils pour l'Industrie chimique, Locomotives à vapeur, Matériel de signalisation pour chemins de fer, Machines-Outils, Petit outillage, Transmissions, Grues électriques, Crics et Vérins UG, Bascules.

Digitized by Google

MANUFACTURE DE FILS & CABLES
Fils et câbles isolés pour installations. Fils de bobinage.
FILS ET CORDONS POUR TÉLÉPHONES, T. S. F., ETC...
R. ALLIOT, ROL·& C
38, Rue de Reuilly — PARIS (XII·
R. C Seine N° 33784 Téléph. : DIDEROT : 57-20, 57-

PETITES ANNONCES

MANUEL-GUIDE GRATIS
INVENTIONS
Obtention de Brevets pour tous Pays
Dépôt de Marques de fabrique
H. BOETTCHER Fils, Ingénieur-Conseil, 21, rue Cambon, PARIS

Désirons entrer en relations avec VOYAGEUR représentant en
MATÉRIEL ÉLECTRIQUE
pour s'adjoindre
branche accessoire.
Donner référence et région. N° 960, Bureau du Journal, 9, rue de Fleurus, PARIS (6e)

ACCUMULATEURS
PILES ÉLECTRIQUES
HEINZ
pour toutes applications
REDRESSEUR ÉLECTROLYTIQUE
DES COURANTS ALTERNATIFS EN COURANT CONTINU
Procédés Brevetés S. G. D. G. — France et Étranger
Bureaux et Magasins de vente :
9 et 11, Place Champerret (XVII·)
Tél. : Carnot 58-29, 58-30 Usine à Saint-Ouen (Seine)

LE SIÈGE DE METZ
en 1870
par Edmond BAPST
Ambassadeur de France
Prix. . . . . 12 fr.
A. LAHURE, Editeur, 9, rue de Fleurus, Paris.

Le Convertisseur "STAT
alimente directement
les appareils de T. S. F
sur les réseaux
distribution
Notice franc

P. LIÉNA
Ingén.-Cons
16, Rue de l'Ar
PARIS-1
Téléph. : Nord 80-88

Vocabulaire Industriel, Technique et Co
en trois langues : Français, Anglais et
Prix : 15 Francs
A LAHURE, éditeur, 9, rue de Fleurus, Pa

BUREAU TECHNIQUE AMPÈRE
82, rue d'Amsterdam, PARIS-9e TÉLÉPHONE : Gutenberg 57-67
ÉTUDES GÉNÉRALES EN ÉLECTRICITÉ - DISTRIBUTIONS RURALES D'ÉLECTRICITÉ
INSTALLATIONS D'USINES ET DE CENTRALES - PIQUETAGES DE LIGNES ÉLECTRIQUES

LE PETIT BOBINAGE ÉLECTRIQU
E. PIERNET, Ingénieur-Gérant
78, boulevard Ornano, PARIS (18e) Téléphone : NORD 8-
Atelier spécialisé dans la réparation des équipements électriques pour auto
et des petits moteurs électriques pour usages industriels et domestiques
FOURNITURE DE PIÈCES DE RECHANGE
Demander notre Catalogue.

STATISTIQUE
DES
STATIONS CENTRALES
DE
DISTRIBUTION d'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE
ÉTABLIES EN FRANCE

Ce volume de 180 pages, du format de *L'Industrie électrique*, contient, sous forme de tableaux faciles à consulter, la nomenclature par départements des stations centrales et distributions d'énergie établies en France. Le nom du concessionnaire, la puissance des usines, le système de distribution, la tension en volts et la fréquence, etc., forment autant de colonnes que l'œil embrasse facilement et dont une composition très nette aide la lecture.

PRIX : 20 fr.
A. LAHURE
IMPRIMEUR-ÉDITEUR
9, Rue de Fleurus, PARIS-VI·

Société Anonyme
B. A. G.
11, Boulevard Jules-Ferry, PARIS-XI
Téléphone : ROQUETTE 75-74

Diffuseurs B. A. G. et ZENITH
pour l'éclairage rationne
magasins, bureaux, ban
cafés, etc...

Réflecteurs VITRINA
pour l'éclairage des vitri

Réflecteurs LABOR et NOVALITH
pour l'éclairage des
centrales, ateliers, etc...

Réflecteurs INDIVIDUELS
pour l'éclairage localisé

Digitized by Google

ateliers J. Carpentier

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 7.200.000 FRANCS.

SIÈGE SOCIAL
RUE DELAMBRE, 20
PARIS XIV[e]

TELÉPH. : SÉGUR 05-65
ADR. TELÉGRAPHIQUE
RUHMKORFF-PARIS

STRUMENTS DE PRÉCISION

Appareils pour l'électricité, l'optique, l'acoustique ou autres, notamment :

Appareils de télégraphie, téléphonie, de mesures électriques, e pyrométrie, de télémécanique.

PPAREILS DE NAVIGATION MARITIME ET AÉRIENNE

ANCIENS ÉTABLISSEMENTS
STERN
Société Anonyme — Capital : 4.000.000 de Francs.
Adresse Télégraphique : Stern-Pantin — **PANTIN** — *Téléphone :* Combat 00-73, 00-74, 00,75

Huile « GLORIA BLANCHE » dégoudronnée pour turbines à vapeur.
Huile « STERNOLINE » blanche pour transformateurs.
Huile « STERNOLINE » pour moteurs électriques.

GRAISSES, VASELINES, PARAFFINES pour Câbles électriques

PIQUETAGE DE
LIGNES ÉLECTRIQUES HT & BT
à la tâche et à forfait
4.000 km piquetés actuellement

Projets — Études techniques — Dossiers administratifs

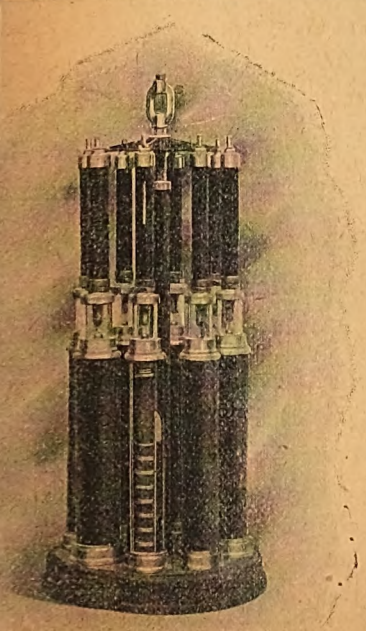
Levés topographiques.
Projets et Études de Chemins de fer.
Canaux. — Chutes d'eau.

OFFICE D'INGÉNIEURS TOPOGRAPHES
R. C. Seine 254-254 — 5, rue Clavel, PARIS-XIX[e] — Tél. : Combat 10-57

TABLISSEMENTS A. BISTON
E BISTON S[r] de son Père — Maison fondée en 1894

MARBRERIE ET POLISSAGE MÉCANIQUE
TRAVAUX EN TOUS GENRES ET PERÇAGE
TABLEAUX DE DISTRIBUTION
ALITÉ DE MARBRES BLANCS ET BLEUS POUR L'ÉLECTRICITÉ
DQUETTE 21-89 — R.C. 237-821 — 26-28, Rue Bréguet prolongée (PARIS XI[e])

POUR ACHETER OU VENDRE
Maisons d'Installations électriques
Bronze d'éclairage et Lustrerie - Constructions mécaniques
SECTEURS ÉLECTRIQUES
S'adresser à M. FRANÇOIS à PARIS, 6, boul. Montmartre (IX[e])
R. du C. Seine 44.525 — *RENSEIGNEMENTS GRATUITS* — Tél. : Provence 48-64



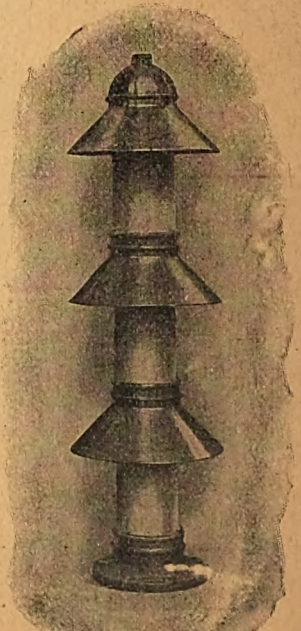
Soupape électrique.

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE DES CONDENSATEURS ET APPAREILS DE PROTECTION ÉLECTRIQUE
Société Anonyme au Capital de 800.000 Francs.
27, Rue de Mogador — PARIS (9[e])
R. C. : Seine 209159

Téléphone : Gutenberg 77-63
Louvre 29-31
Adr. télég.: CONDENSATOR-PARIS

LA PROTECTION ÉLECTRIQUE CAPART-DUBILIER
LA SOCIÉTÉ GÉNÉRALE DES CONDENSATEURS ÉLECTRIQUES } Réunies

PROTECTION DES RÉSEAUX
contre les décharges atmosphériques
Charges statiques et Phénomènes de résonance
PAR CONDENSATEURS ET SOUPAPES

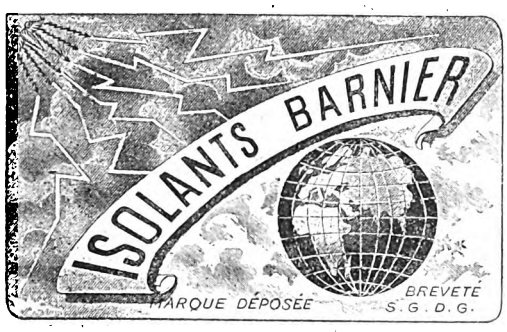


Condensateur, modèle pour l'extérieur.

Digitized by Google

ÉTABLISSEMENTS P. BARNIER & Cie

Société en commandite par actions au capital de 5.300.000 francs.
Usines à VALENCE (Drôme), 95, Avenue Victor-Hugo
TÉLÉPHONE 0.65



VERNIS ISOLANTS
SOIES -- TOILES -- PAPIERS HUILÉS

RUBANS DROIT FIL ET DIAGONAUX

FIBRE EN PLANCHES — CARTON PRESSPAHN — LEATHÉROÏD

RUBANS ISOLANTS CAOUTCHOUTÉS ET CHATTERTONNÉS

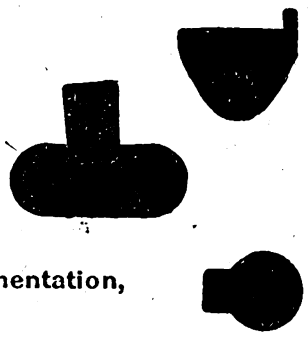
Succursale et Dépôt : **PARIS** 1, Rue Montalembert (7e)
Téléphone : Fleurus 00-04

Comptoir Industriel d'Étirage et Profilage de Métaux

Société anonyme : Capital 3.200.000 Francs.
Bureaux : 103, Avenue Philippe-Auguste, PARIS-XI
Usines à Paris et à Aubervilliers (Seine)

PROFILÉS EN TOUS MÉTAUX

pour :
Lames de Collecteurs
Masses polaires
Induits
Appareillage
etc...

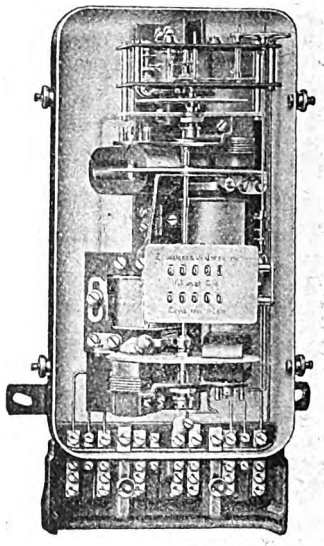


MOULURES pour ornementation, tableaux, etc.

ARBRES en acier pour axes de machines
MÉTAUX ÉTIRÉS pour visserie, boulonnerie, etc.

Adr. Télégr. PROFILAGE. 11. PARIS. Tél. : ROQUETTE 24 71 - 73 91 - 88 54

COMPTEURS D'ÉLECTRICITÉ
LANDIS & GYR



Compteur à dépassement.

SIMPLE - DOUBLE - TRIPLE TA
A MAXIMUM - A DÉPASSEM
D'ÉNERGIE RÉACTIVE
ET APPARENTE

"MAXIGRAPHE
Compteur enregistrant les val
moyennes de la charge

ALLUMEURS-EXTINCTEURS
HORAIRE

TRANSFORMATEURS DE MES
WATTMÈTRES FERRARIS
STATIONS D'ÉTALONNAGE

Représentation générale pour la France et les Colonies:

FERRIÈRE & BERCHTOLD

12, rue Lapeyrère **PARIS**-18e Tél : Marcadet 11-

ACCUMULATEURS -- TRANSFORMATEURS

TEM

pour toutes applications

SOCIÉTÉ POUR LE TRAVAIL ELECTRIQUE DES MÉTAUX
SIÈGE SOCIAL : 26, Rue Laffitte, PARIS (9e)
Tél. : Gutenberg 16-27 et 16-28
USINES : 4, Quai de Seine, à SAINT-OUEN

ISOLANTS

Mica - Micanite - Toile et rub
huilés - Vernis isolants

Leatheroid — Fibre vulcanisée
Papier Red Rope
Rubans chattertonnés-caoutchoutés
Jaconas - Sergé - Isolateurs porcelaine
et matière moulée, etc.

Établissements Ernest DÉMOLY

43, rue de Trévise. — PARIS
Téléph. : Central 23

Digitized by Google

RÉPARER

S INSTRUMENTS DE MESURES ÉLECTRIQUES

de

TOUTES MARQUES

EST NOTRE SPÉCIALITÉ

Essayez, nous vous garantissons :

RAPIDITÉ -:- PRIX MODÉRÉS -:- PRÉCISION

MECI

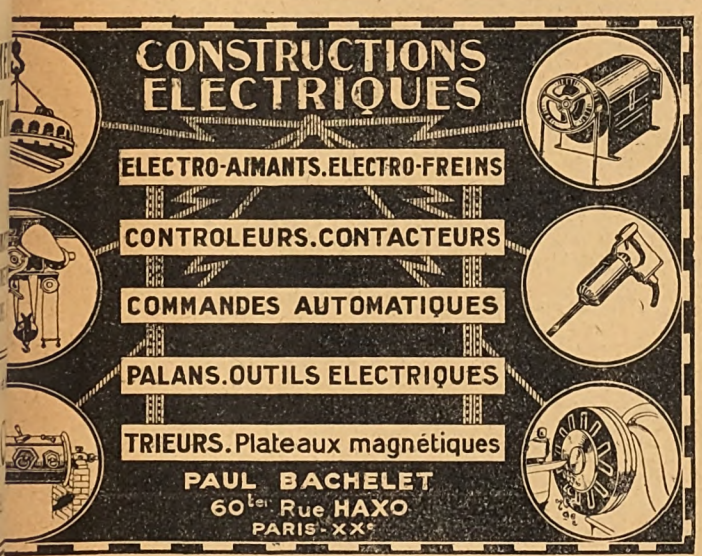
2, RUE DU FAUBOURG-POISSONNIÈRE

PARIS (10e)

TÉLÉPH. : PROVENCE 24-01 — 24-02

R. C. SEINE 197.140

ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE : MECIVOCEM



A. POULAIN

CONSTRUCTEUR-ÉLECTRICIEN

Bureaux et Usines : 8 et 10, rue de la Chine

PARIS (XXe)

Téléphone : ROQUETTE 12-74 et 82-17

GROS ET PETIT APPAREILLAGE

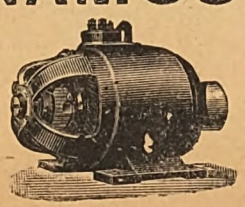
SPÉCIALITÉS DE DOUILLES TOUS MODÈLES

Interrupteurs, Prise de courant, Coupe-circuit, etc.

Appareils de tableaux, Matériel de colonnes

OTEURS CONSTRUCTION DE **DYNAMOS**

et toutes Machines spéciales



ÉLECTRO-MACHINE

13, Rue des Panoyaux. — PARIS-XXe

Télégraphique : ELECTROMACHINE-PARIS. — Téléph : ROQUETTE 52-02, 88-02

Toutes les HUILES et GRAISSES industrielles

pour Transformateurs, Turbines, Moteurs, etc., etc.

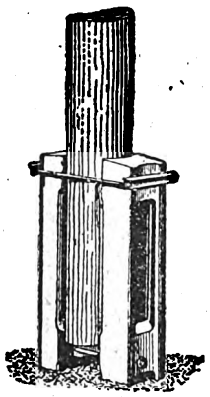
SPÉCIALITÉ DE GRAISSES POUR BROYEUR RAYMOND

GAGNEPAIN - GONNOT

107-109, rue Victor-Hugo, Levallois (Seine)

Maison fondée en 1840 — *Téléphone :* Wagram 04-96

Digitized by Google



LE S.A.N.C.A.

SOCLE
en Ciment armé
pour
poteaux en bois

ROBUSTE
LÉGER, ESTHÉTIQUE

TÉLÉPHONE :
Provence 72-81 -:- Inter-Provence 92

LE SANCA, d'une **technique rigoureuse**, répond parfaitement aux conditions pratiques d'emploi. **LE SANCA** est le meilleur socle et le moins cher.

NUMÉROS	MOMENTS FLECHISSANTS A L'ENCASTREMENT	POIDS DES DEUX ÉLÉMENTS	PRIX
1	900 kgm	140 kilos	54 fr.
2	1.500 kgm	150 kilos	64 »
3	2.400 kgm	250 kilos	96 »

Société d'Applications Nouvelles du Ciment Armé
132, rue Lafayette, PARIS (10e)
Catalogues et tous renseignements sur demande

LES ESSAYEURS D'ISOLEMENT
MEGGER *sont universellement réputés pour leur précision absolue*
Notices et prix sur demande à l'agent Général
M. MARTINOT 18, rue Aumaire. — PARIS (3e)
Tél. : TURBIGO 85-01

SOCIÉTÉ ANONYME
DES ANCIENS ÉTABLISSEMENTS
JACQUET FRÈRES
CAPITAL 1.000.000 DE FRANCS
Siège Social et Usines à Vernon (Eure)
R. C. Evreux 1005 Téléphone : N° 13
Dépôt et Bureau pour Paris : 48, Rue Saint-Georges (9e)
Téléphone : Trudaine 84
GÉNÉRATRICES & MOTEURS ÉLECTRIQUES JUSQU'A 250 KW A COURANT CONTINU ET A COURANTS ALTERNATIFS

BOBINAGE de tout matériel électrique
RÉPARATION DE MOTEURS, TRANSFORMATEURS, ETC.
ATELIERS ÉLECTRIQUES DE GENNEVILLIERS
RENÉ CHÉDEVILLE INGÉNIEUR-ÉLECTRICIEN
7, Rue Marcel-Royer, GENNEVILLIERS (Seine)
Teleph. ASNIÈRES 343 *près la Place Voltaire à Asnières*

TRANSFORMATEURS
TORCHE
16, rue du Transvaal, PARIS (20e)

Téléphone : Ménilmontant 65-17
Adresse Télégraphique : Matopaulam

Seul Constructeur des
TRANSFORMATEURS
à pertes Minuscules

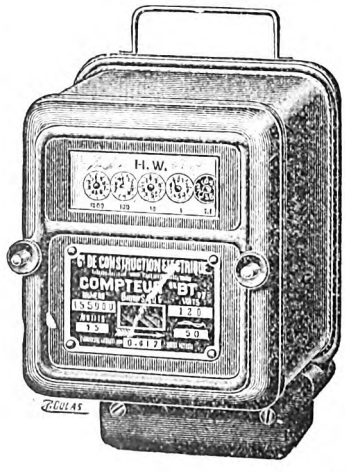
Voir articles de l'*Industrie Electrique*, n°s 832 et 833, des 25 Février et 10 Mars 1927)

COMPAGNIE DE CONSTRUCTION ÉLECTRIQUE
44, rue du Docteur-Lombard, ISSY-LES MOULINEAUX
Téléphone : VAUGIRARD 04

Compteurs Electriques

UNIS FRANCE

Système " BT " Breveté S. G. D. G.



Pour courants alternatifs, monophasés et polyphasés

AGRÉÉS par l'État, les Villes de Paris, Grenoble, etc.

EMPLOYÉS par les Secteurs et de la Banlieue et les principales stations de la Province

PLUS DE 3.000.000 D'APPAREILS EN SERVICE

MPAGNIE CONTINENTALE

POUR LA

ABRICATION des COMPTEURS

ET AUTRES APPAREILS

Société Anonyme au Capital de 12.500.000 Francs

Siège Social: 17, Rue d'Astorg, 17

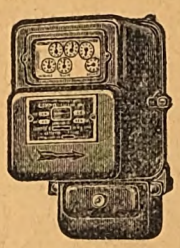
PARIS (8e)

Téléphone:
YSÉES { 34-65 / 36-59

Adresse Télégraphique :
CONTIBRUNT-PARIS

rsales en France

LYON
MARSEILLE
BORDEAUX
LILLE



Succursales à l'Étranger

BRUXELLES
MILAN
NAPLES
ROME
TURIN
STOCKHOLM

MPTEURS D'ÉLECTRICITÉ

POUR

rant Continu et pour Courant Alternatif
Monophasé, Diphasé et Triphasé
mpteurs à Dépassement, à Double Tarif
Compteurs d'Énergie Réactive
Compteurs à Indicateur de Maximum

Registre du Comm. Seine 31.750

DYNAMOS-MOTEURS

COURANTS CONTINUS ET ALTERNATIFS

Spécialité de:

MOTEURS COURANT CONTINU

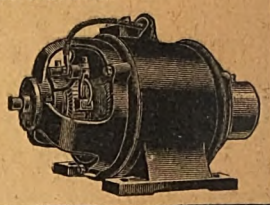
Grande Série 1/2 à 8 CV

MACHINES A BAS VOLTAGE

RÉPARATIONS, TRANSFORMATIONS

DE MACHINES ÉLECTRIQUES DE TOUS SYSTÈMES

Achat, Vente et Location de Machines d'occasion



UNIVERSEL ELECTRIC

Adolphe ROULLAND

Ingénieur A. et M., Constructeur

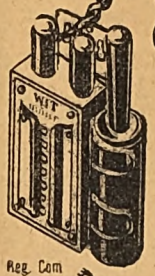
35, Rue de Bagnolet, 35 - PARIS (XXe)

Téléph. : ROQUETTE 29-19, 46-63

Electriciens

L'ALLUMOIR ÉLECTRIQUE MODERNE

Breveté S.G.D.G. France, Etranger — WIT — Marque déposée



- est un Appareil parfait - garanti par le Constructeur

Faites le connaître à vos clients
Vous y trouverez largement votre compte

Demander NOTICE FRANCO et conditions spéciales pour les Electriciens au Constructeur du "WIT", 69, rue Bellecombe, Lyon.

Reg. Com Lyon A: 13679

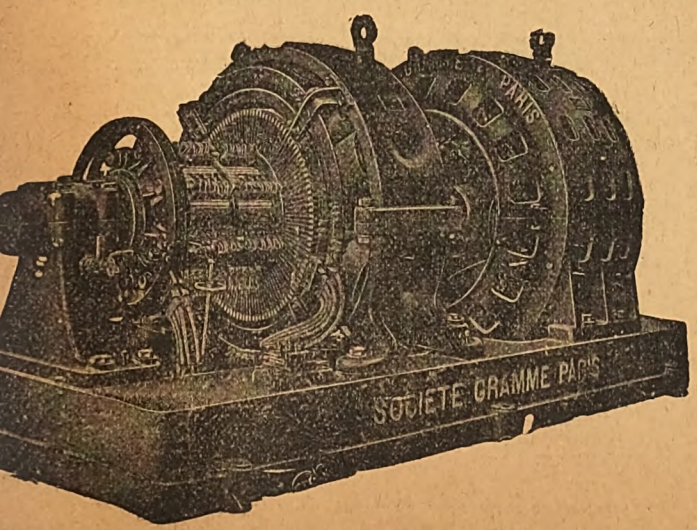
OCIÉTÉ GRAMME

26, Rue d'Hautpoul

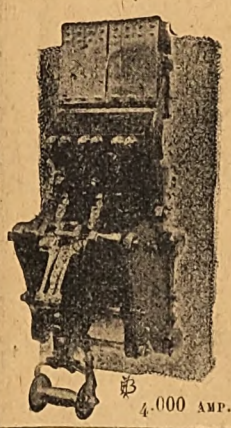
PARIS (XIXe) — Téléphone : NORD 02-01 — 15-39

IACHINES ÉLECTRIQUES

POUR TOUTES APPLICATIONS



GROS APPAREILLAGE ET CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES



Établissements

VANHERZEEKE & FOURNIER

Ingénieur E.S.E. Lic. ès sc — Ingénieur A. M. et E.S.E

TABLEAUX DE DISTRIBUTION
DISJONCTEURS
INTERRUPTEURS — RÉDUCTEURS

12, rue Soleillet, PARIS (XXe)

Métro : Martin-Nadaud

Téléph : Ménilmontant 81-00 et 81-01

MANUFACTURE D'APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE

ÉTABLISSEMENTS ILÏYNE-BERLINE

BERLINE, VARET & CIE

8, Rue des Dunes — PARIS (19e)

Tél.: NORD 21-87 — R. C. Seine 210-643

TABLEAUX DE DISTRIBUTION

POUR CENTRALES, SOUS-STATIONS, POSTE DE TRANSFORMATION

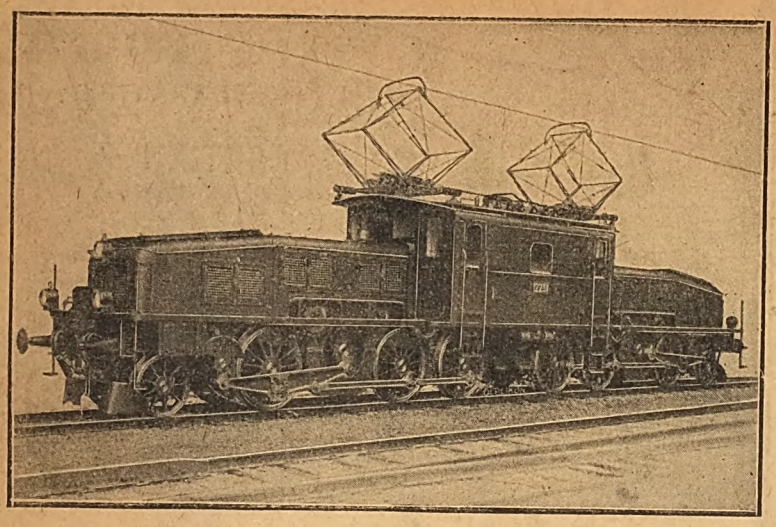
RHÉOSTATS ET DÉMARREURS

DISJONCTEURS AUTOMATIQUES

APPAREILLAGE AUTOMATIQUE

POUR DÉMARRAGE DE MACHINES-OUTILS, GROUPES ÉLECTRO-POMPES ET ÉLECTRO-COMPRESSEURS

Digitized by Google



LOCOMOTIVE A MARCHANDISES DU GOTHARD

SOCIÉTÉ Télégr. : OER

OERLIKON

15, rue de Milan

Registre du Commerce : Seine, N° 140 859

PARIS (9e)

Téléphone . . . . . CENTRAL 20-54 / CENTRAL 82-25

Usine à ORNANS (Doubs)

BUREAUX :

A BRUXELLES, 204, rue Royale.
LILLE, 1, boulevard de la Liberté.
LYON, 9, quai Tilsitt.
MARSEILLE, 27, rue Pavillon.
METZ, 6, place de la Gare.
PONTARLIER, 10, rue Tissot.

Perceuses, Riveuses hydroélectriques

Génératrices, Transformateurs

Moteurs spéciaux pour mines et textile

ENGINS DE LEVAGE

Chauffage électrique industriel

MATÉRIEL DE TRACTION

Locomotives jusqu'à 3000 HP

TURBINES A VAPEUR

Centrales, Appareillage jusqu'à 12000 kW

La construction du matériel à courant continu est une de nos principales spécialités.

UNIS 1 CF 6 FRANCE

ATELIERS DE CONSTRUCTION DE MATÉRIEL ÉLECTRIQUE

USINE DES PRÉS BEAUCOURT

JAPY

Toutes ces Qualités se trouvent réunies dans

CHOIX JUDICIEUX des Matières Premières LABORATOIRE D'ESSAIS

MATÉRIEL d'USINAGE Perfectionné GRAND RENDEMENT Interchangeabilité rigoureuse

FABRICATION EN GRANDES SÉRIES

USINE SPÉCIALISÉE Moteurs de MOYENNE PUISSANCE

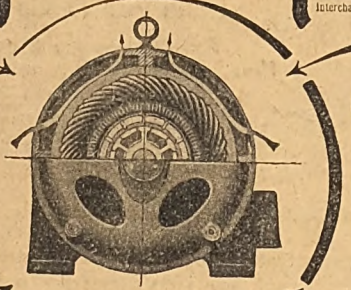


Schéma de ventilation du moteur « JAPY » série « L. V. M. » 1927
LIVRAISON IMMÉDIATE

Bobinage et Isolation assurés par les MOYENS TECHNIQUES les plus modernes

LE MATÉRIEL ÉLECTRIQUE

ESSAIS RIGOUREUX en cours de Fabrication et en Plate-Forme

JAPY FRÈRES & Cie

BEAUCOURT (Territoire de Belfort)
PARIS 4-7 Rue du Chateau d'Eau

MOTEURS ET GÉNÉRATRICES

COURANT CONTINU ET ALTERNATIF DE 1/50 A 50 HP

COMMUTATRICES, POLYMORPHIQUES, GROUPES ÉLECTRO-POMPES

Devis et Tarifs sur demande. APPAREILLAGE, APPAREILS DE MESURE Demander la liste de Stock mensuelle

Faites l'essai de nos MOTEURS vous vous convaincrez de leur supériorité et vous les adopterez.

ATELIERS DE CONSTRUCTION DE MATÉRIEL ÉLECTRIQUE BEAUCOURT

SUCCURSALES
BUREAU DE VENTE - SALLE D'EXPOSITION
" DEPOT CENTRAL "
PARIS : 4 & 7, RUE DU CHATEAU D'EAU
LYON : 27, RUE BALA

SCHNEIDER & Cie

SIÈGE SOCIAL ET DIRECTION GÉNÉRALE

42, rue d'Anjou, PARIS (VIIIe)

USINES DU CREUSOT, DU BREUIL ET « HENRI-PAUL »
CHANTIERS DE CHALON S/SAONE
USINE DE LA LONDE-LES-MAURES

USINES DU HAVRE, D'HARFLEUR ET DU HOC,
USINE DE CHAMPAGNE-S-SEINE
USINE DE BORDEAUX

CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES

Locomotives de toutes puissances et pour toutes voies.
Automotrices et Locotracteurs.
Groupes turbo-alternateurs — Moteurs à gaz.
Accumulateurs de vapeur "Ruths"
Moteurs à combustion interne, fixes et marins.
Machines d'extraction.
Installations complètes de sucreries.

CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES

Génératrices et moteurs de toutes puissances.
Groupes électrogènes.
Transformateurs. — Commutatrices.
Tableaux de distribution.
Installations de stations centrales, sous-stations, postes de transformation.
Toutes applications de l'énergie électrique.

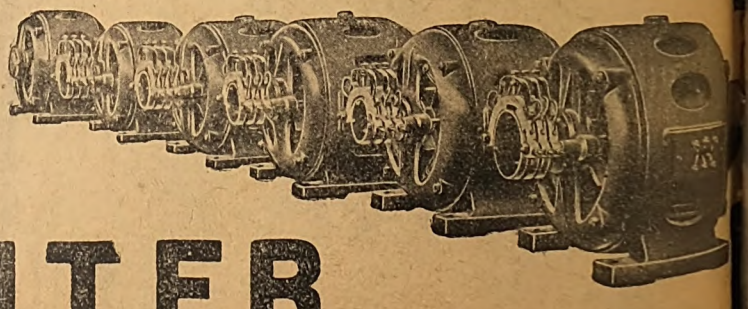
TRAVAUX PUBLICS

Ponts fixes et mobiles. — Charpentes métalliques
Réservoirs. — Chevalements de mines.
Construction, outillage et aménagement de ports
Conduites forcées. — Construction d'usines hydro-électriques et autres

Reg. Comm. Seine. N° 111 ...

MOTEURS A COURANT ALTERNATIF

MONOPHASÉ — DIPHASÉ — TRIPHASÉ



MAISON FONDÉE EN 1904

Ets CH. SUTER

3, RUE ALPHONSE-PENAUD, 3 — PARIS (20e)

Téléph. ROQ. 46-75 / ROQ. 56-40

93268. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus, Paris. — 12-1927.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

APR 2 3 1928

Digitized by Google